

# SEMICONDUCTOR DEVICE, ITS MANUFACTURING METHOD AND MOUNTING STRUCTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE

Publication number: JP2002093947 (A)

Publication date: 2002-03-29

Inventor(s): YAMAGUCHI YOSHIHIDE; TENMYO HIROYUKI; INOUE KOSUKE; DAIROKU NORIYUKI; HOZOJI HIROYUKI; TSUNODA SHIGEHARU; ISADA NAOYA; MINAGAWA MADOKA; ANJO ICHIRO; NISHIMURA ASAO; UJIE KENJI; YAJIMA AKIRA +

Applicant(s): HITACHI LTD +

Classification:

- International: H01L21/56; H01L21/60; H01L23/12; H01L23/29; H01L23/31; H01L23/485; H01L21/02; H01L23/12; H01L23/28; H01L23/48; (IPC1-7): H01L21/56; H01L21/60; H01L23/12; H01L23/29; H01L23/31

- European: H01L23/00C2B; H01L23/00C2B10; H01L23/31H1; H01L23/31P6

Application number: JP20000284374 20000919

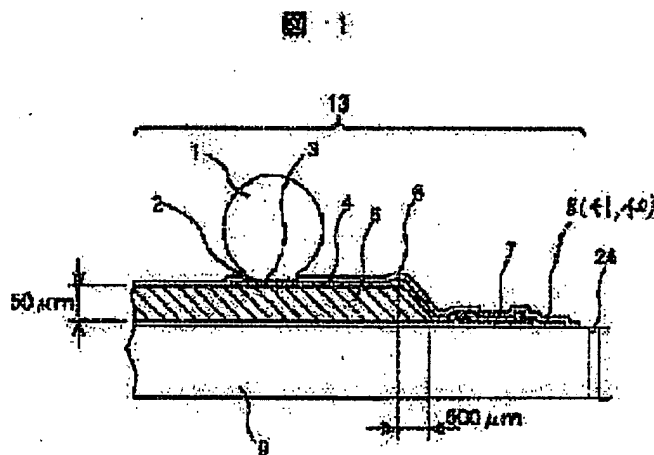
Priority number(s): JP20000284374 20000919

Also published as:

JP4174174 (B2)  
US2002063332 (A1)  
US6930388 (B2)  
TW559962 (B)  
KR20020022533 (A)

## Abstract of JP 2002093947 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To realize a semiconductor device, enabling the flip-chip connection not needing the underfill. **SOLUTION:** The semiconductor device comprises a semiconductor element having a plurality of circuit electrodes and a circuit surface covered with a protective film, a stress relaxing layer which is formed on the protective film of the semiconductor element circuit surface with the circuit electrodes exposed and made of a cured thermoplastic resin with slopes at the edges, a wiring layer of a plurality of wirings which are connected respectively to the circuit electrodes and electrically conductively laid from the circuit electrodes to desired spots on the stress relaxing layer via the edges of this layer, a surface protective film thereon and outer connection terminals.



(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-93947

(P2002-93947A)

(43) 公開日 平成14年3月29日 (2002.3.29)

(51) IntCl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テラコート <sup>®</sup> (参考)
H 0 1 L 23/12	5 0 1	H 0 1 L 23/12	5 0 1 P 4 M 1 0 9
21/56		21/56	R 5 F 0 6 1
21/60		21/92	6 0 2 H
23/29			6 0 2 L
23/31			6 0 2 J
審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 23 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-284374(P2000-284374)

(22) 出願日 平成12年9月19日 (2000.9.19)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 山口 欣秀

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 天明 浩之

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 100068504

弁理士 小川 勝男 (外2名)

最終頁に続く

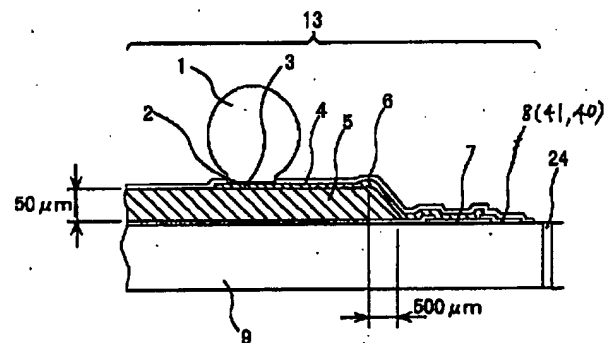
(54) 【発明の名称】 半導体装置およびその製造方法並びに半導体装置実装構造体

## (57) 【要約】

【課題】 本発明の目的は、アンダーフィルの不要なフリップチップ接続を可能とする半導体装置を実現することにある。

【解決手段】 本発明は、複数の回路電極が配列され、保護膜が被覆された回路面を有する半導体素子と、該半導体素子の回路面の保護膜上に前記回路電極を露出させて形成され、硬化された熱可塑性樹脂からなり、エッジ部に傾斜を形成した応力緩和層と、前記回路電極の各々に接続され、該回路電極から前記応力緩和層のエッジ部を通して応力緩和層の表面の所望の個所まで電気的につながって配設される複数の配線からなる配線層と、その上の表面保護膜と、外部接続端子とを備えて構成された半導体装置である。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の回路電極が配列され、保護膜が被覆された回路面を有する半導体素子と、

該半導体素子の回路面の保護膜上に前記回路電極を露出させて形成され、硬化された熱可塑性樹脂からなり、エッジ部に傾斜を形成した応力緩和層と、

前記回路電極の各々に接続され、該回路電極から前記応力緩和層のエッジ部を通して応力緩和層の表面の所望の個所まで電気的につながって配設される複数の配線からなる配線層と、

前記応力緩和層の表面における複数の配線の各々の所定の個所を露出させて前記配線層の表面を被覆した表面保護膜と、

前記露出した複数の配線の各々の所定の個所にバンパを接合して形成した外部接続端子とを備えて構成されたことを特徴とする半導体装置。

【請求項2】前記応力緩和層の傾斜エッジ部につながる周辺部にふくらみ部分を形成してその上の前記配線にたわみ部分を形成することを特徴とする請求項1記載の半導体装置。

【請求項3】前記応力緩和層の硬化した熱可塑性樹脂の熔融温度 $T_m$ が、前記配線層および表面保護膜を形成する際の最高到達温度 $T_{max}$ 以上で構成されたことを特徴とする請求項1または2記載の半導体装置。

【請求項4】前記応力緩和層の硬化した熱可塑性樹脂の熔融温度 $T_m$ が、 $350^{\circ}\text{C}$ 以上で構成されたことを特徴とする請求項1または2記載の半導体装置。

【請求項5】前記応力緩和層の硬化した熱可塑性樹脂のガラス転移温度 $T_g$ が、 $150^{\circ}\text{C}\sim 400^{\circ}\text{C}$ の範囲で構成されたことを特徴とする請求項1または2記載の半導体装置。

【請求項6】前記応力緩和層の硬化した熱可塑性樹脂の線膨張係数が、 $200\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ 以下で構成されたことを特徴とする請求項1または2記載の半導体装置。

【請求項7】前記応力緩和層の厚さが約 $35\mu\text{m}\sim$ 約 $150\mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項1または2記載の半導体装置。

【請求項8】前記応力緩和層の硬化した熱可塑性樹脂として、少なくともポリイミド、ポリアミド、ポリアミドイミド、エポキシ、フェノール、シリコンの何れかから構成されていることを特徴とする請求項1または2記載の半導体装置。

【請求項9】前記半導体素子に形成された保護膜として、無機膜とその上に局部的に形成された有機膜とからなることを特徴とする請求項1または2記載の半導体装置。

【請求項10】前記配線層において、少なくとも信号配線については、配線幅を、前記応力緩和層のエッジ部を応力緩和層の平坦部よりも太く形成したことを特徴とする請求項1または2記載の半導体装置。

【請求項11】前記配線層は、前記応力緩和層の表面に密着した給電膜層とめっき膜層とで構成されることを特徴とする請求項1または2記載の半導体装置。

【請求項12】複数の回路電極が配列され、保護膜が被覆された回路面を有する半導体素子と、

該半導体素子の回路面の保護膜上に前記回路電極を露出させて形成され、ガラス転移温度 $T_g$ が、 $150^{\circ}\text{C}\sim 400^{\circ}\text{C}$ の範囲である硬化された樹脂からなり、エッジ部に傾斜を形成した応力緩和層と、

10 前記回路電極の各々に接続され、該回路電極から前記応力緩和層のエッジ部を通して応力緩和層の表面の所望の個所まで電気的につながって配設される複数の配線からなる配線層と、

前記応力緩和層の表面における複数の配線の各々の所定の個所を露出させて前記配線層の表面を被覆した表面保護膜と、

前記露出した複数の配線の各々の所定の個所にバンパを接合して形成した外部接続端子とを備えて構成されたことを特徴とする半導体装置。

20 【請求項13】前記応力緩和層の厚さが約 $35\mu\text{m}\sim$ 約 $150\mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項12記載の半導体装置。

【請求項14】請求項1～13の何れか一つに記載された半導体装置を、該半導体装置における外部接続端子を回路基板に形成された電極に接合することにより、該回路基板に実装して構成することを特徴とする半導体装置実装構造体。

【請求項15】複数の回路電極が配列された回路面を有する複数の半導体素子が配列されたウエハを製造するウエハ製造工程と、

30 該ウエハ製造工程において製造されたウエハ状態における各半導体素子の回路面上に保護膜を形成する保護膜形成工程と、

該保護膜形成工程で形成されたウエハ状態における保護膜上に、前記回路電極が露出するように、熱可塑性樹脂ペーストをマスク印刷を用いてエッジ部に傾斜を有する応力緩和層を印刷し、該印刷された応力緩和層を硬化させて前記保護膜上に形成する応力緩和層形成工程と、

40 前記ウエハ状態における回路電極の各々に接続され、該回路電極から前記応力緩和層形成工程で形成された応力緩和層のエッジ部を通して応力緩和層の表面の所望の個所まで電気的につながって配設される複数の配線からなる配線層を形成する配線層形成工程と、

該配線層形成工程で形成されたウエハ状態における配線層の表面を、前記応力緩和層の表面における複数の配線の各々の所定の個所を露出させて表面保護膜で被覆する表面保護膜形成工程と、

50 前記ウエハ状態において露出した複数の配線の各々の所定の個所にバンパを接合して形成する外部接続端子形成工程と、

ウェハ状態から所望の単位に切断して半導体装置を得る切断工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項16】前記配線層形成工程は、スパッタ成膜工程とめっき成膜工程とを有することを特徴とする請求項15記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、フリップチップ接続を可能とする半導体装置およびその製造方法並びに半導体装置実装構造体に関する。

【0002】

【従来の技術】フリップチップ接続を可能とする半導体装置の従来技術としては、特開平11-111768号公報（従来技術1）に記載されているように、アンダーフィルを用いた半導体装置が知られている。しかしながら、アンダーフィルは、完成した電気製品を使用する際の発熱等による接続部に生じる歪みに起因する接続部の破壊を防止する目的で実施されており、実施しない場合には、半導体装置の接続寿命が極端に短くなってしまうという課題が生じる。

【0003】そこで、アンダーフィルを用いなくて、フリップチップ接続を可能とする半導体装置の従来技術としては、特開平11-54649号公報（従来技術2）および特開平11-354560号公報（従来技術3）で知られている。この従来技術2には、半導体素子が配設されている半導体基板と、該半導体基板の主面上に配列され、上記半導体素子に電気的に接続される素子電極と、上記半導体基板の主面上に形成され、絶縁性の弾性材料からなる弾性体層と、少なくとも上記半導体基板上の上記素子電極を露出させるように上記弾性体層を部分的に除去して形成された開口部と、上記素子電極の上から上記弾性体層の上に亘って連続的に延ばして形成された金属配線層と、該金属配線層の一部として上記弾性体層の上に設けられ、外部機器との電気的接続を行うための外部電極と、上記金属配線層を覆う表面保護膜とを備えた半導体装置が記載されている。さらに、半導体基板は、ウェハから切出されたチップ状態であることも記載されている。さらに、上記弾性体層（低弾性率層）の厚みは、10～150μmであることが好ましく、また、その弾性率（ヤング率）は10～1000kg/mm<sup>2</sup>の範囲にあることがより好ましく、また、その線膨張率は10～100ppm/°Cの範囲にあることがより好ましいと記載されている。さらに、この弾性体層の材料としては、感光性を有する絶縁材料膜として、例えばエステル結合型ポリイミドやアクリレート系エポキシ等のポリマーでよく、低弾性率を有し、絶縁性であればよいと記載されている。また、感光性を有しない絶縁材料を用いる場合には、レーザーやプラズマによる機械的な加工もしくはエッチングなどの化学的加工により半導体基板

上の素子電極を露出させることができることも記載されている。

【0004】また、従来技術3にも同様なことが記載されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術2、3には、弾性体層（応力緩和層）の表面に形成する配線層の切断を防止しようとする点について十分考慮されていない。

10 【0006】本発明の目的は、上記課題を解決すべく、配線層の切断を防止して不良発生数を低減したアンダーフィルの不要なフリップチップ接続を可能とする半導体装置およびその製造方法並びに半導体装置実装構造体を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、特許請求の範囲の通りに構成するものである。

20 【0008】即ち、本発明は、複数の回路電極が配列され、保護膜が被覆された回路面を有する半導体素子と、該半導体素子の回路面の保護膜上に前記回路電極を露出させて形成され、硬化された熱可塑性樹脂からなり、エッジ部に傾斜を形成した応力緩和層と、前記回路電極の各々に接続され、該回路電極から前記応力緩和層のエッジ部を通して応力緩和層の表面の所望の個所まで電気的につながって配設される複数の配線からなる配線層と、前記応力緩和層の表面における複数の配線の各々の所定の個所を露出させて前記配線層の表面を被覆した表面保護膜と、前記露出した複数の配線の各々の所定の個所に

30 バンプを接合して形成した外部接続端子とを備えて構成されたことを特徴とする半導体装置である。

【0009】また、本発明は、前記半導体装置において、応力緩和層の傾斜エッジ部につながる周辺部にふくらみ部分を形成してその上の前記配線にたわみ部分を形成することを特徴とする。これにより、配線の切断を防止することができる。

40 【0010】また、本発明は、前記半導体装置において、応力緩和層の硬化した熱可塑性樹脂の熔融温度 $T_m$ が、前記配線層および表面保護膜を形成する際の最高到達温度 $T_{max}$ 以上で構成されたことを特徴とする。

【0011】また、本発明は、前記半導体装置において、応力緩和層の硬化した熱可塑性樹脂の熔融温度 $T_m$ が、350°C以上で構成されたことを特徴とする。

50 【0012】また、本発明は、前記半導体装置において、応力緩和層の硬化した熱可塑性樹脂のガラス転移温度 $T_g$ が、150°C～400°Cの範囲で構成されたことを特徴とする。

【0013】また、本発明は、前記半導体装置において、応力緩和層の硬化した熱可塑性樹脂の線膨張係数が、200ppm/°C以下で構成されたことを特徴とする。

る。

【0014】また、本発明は、前記半導体装置において、応力緩和層の厚さが約 $35\mu\text{m}$ ～約 $150\mu\text{m}$ であることを特徴とする。

【0015】また、本発明は、前記半導体装置において、応力緩和層の硬化した熱可塑性樹脂として、少なくともポリイミド、ポリアミド、ポリアミドイミド、エポキシ、フェノール、シリコンの何れかから構成されていることを特徴とする。

【0016】また、本発明は、前記半導体装置において、半導体素子に形成された保護膜として、無機膜とその上に局部的に形成された有機膜とからなることを特徴とする。

【0017】また、本発明は、前記半導体装置の配線層において、少なくとも信号配線については、配線幅を、前記応力緩和層のエッジ部を応力緩和層の平坦部よりも太く形成したことを特徴とする。

【0018】また、本発明は、前記半導体装置において、配線層は、前記応力緩和層の表面に密着した給電膜層とめっき膜層とで構成されることを特徴とする。

【0019】また、本発明は、複数の回路電極が配列され、保護膜が被覆された回路面を有する半導体素子と、該半導体素子の回路面の保護膜上に前記回路電極を露出させて形成され、ガラス転移温度 $T_g$ が、 $150^\circ\text{C}$ ～ $400^\circ\text{C}$ の範囲である硬化された樹脂からなり、エッジ部に傾斜を形成した応力緩和層と、前記回路電極の各々に接続され、該回路電極から前記応力緩和層のエッジ部を通して応力緩和層の表面の所望の個所まで電気的につながって配設される複数の配線からなる配線層と、前記応力緩和層の表面における複数の配線の各々の所定の個所を露出させて前記配線層の表面を被覆した表面保護膜と、前記露出した複数の配線の各々の所定の個所にバンプを接合して形成した外部接続端子とを備えて構成されたことを特徴とする半導体装置である。

【0020】また、本発明は、前記半導体装置を、該半導体装置における外部接続端子を回路基板に形成された電極に接合することにより、該回路基板に実装して構成することを特徴とする半導体装置実装構造体である。

【0021】また、本発明は、複数の回路電極が配列された回路面を有する複数の半導体素子が配列されたウエハを製造するウエハ製造工程と、該ウエハ製造工程において製造されたウエハ状態における各半導体素子の回路面上に保護膜を形成する保護膜形成工程と、該保護膜形成工程で形成されたウエハ状態における保護膜上に、前記回路電極が露出するように、熱可塑性樹脂ペーストをマスク印刷を用いてエッジ部に傾斜を有する応力緩和層を印刷し、該印刷された応力緩和層を硬化させて前記保護膜上に形成する応力緩和層形成工程と、前記ウエハ状態における回路電極の各々に接続され、該回路電極から前記応力緩和層形成工程で形成された応力緩和層のエッ

ジ部を通して応力緩和層の表面の所望の個所まで電気的につながって配設される複数の配線からなる配線層を形成する配線層形成工程と、該配線層形成工程で形成されたウエハ状態における配線層の表面を、前記応力緩和層の表面における複数の配線の各々の所定の個所を露出させて表面保護膜で被覆する表面保護膜形成工程と、前記ウエハ状態において露出した複数の配線の各々の所定の個所にバンプを接合して形成する外部接続端子形成工程と、ウエハ状態から所望の単位に切断して半導体装置を得る切断工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法である。

【0022】また、本発明は、前記半導体装置の製造方法において、配線層形成工程は、スパッタ成膜工程とめっき成膜工程とを有することを特徴とする。

【0023】また、本発明は、前記半導体装置の製造方法の応力緩和層形成工程において、熱可塑性樹脂ペーストの中に絶縁粒子を含有することを特徴とする。

【0024】以上説明したように、前記構成によれば、応力緩和層の材料として、熱可塑性樹脂材料を使用することによって、加熱硬化した際、溶剤が蒸発することになり、マスク印刷によって生じさせたふくらみ部分の形状を維持（確保）することが可能となり、その結果、その上に形成する配線にたわみ部分を形成して配線が切断されることを防止することが可能となる。

【0025】

【発明の実施の形態】本発明に係る実施の形態について図面を用いて説明する。なお、全ての図において、同一符号は同一部位を示しているため、重複する説明を省いている場合があり、また説明を容易にするため各部の寸法比を実際とは変えてある。

【0026】まず、本発明に係る半導体装置の構造について説明する。半導体装置は、ウエハ単位で多数個が一括して製造されるが、以下では説明を容易にするために、その一部を取り出して説明する。図1に本発明に係る半導体装置13の部分断面図を示す。

【0027】半導体回路が形成されたウエハ9とは、半導体製造工程でいうところの前工程を終了したウエハであり、多数個の半導体装置13に分割切断前のものである。各半導体装置13にはアルミパッド（回路電極）7が形成されている。このアルミパッド7は従来型の半導体装置13において、QFP（Quad Flat Package）などの半導体パッケージにおさめる場合に、金ワイヤ等を接続し、半導体パッケージの外部端子との導通を実現するために使用されている。半導体回路が形成された半導体装置13の表面（回路面）は、アルミパッド（回路電極）7上および多数個の半導体が形成されたウエハ9をチップ状の半導体装置13に切断する際の切断部24およびその周辺を除き、保護膜8で覆われている。この保護膜8は、厚さ $1\sim 10\mu\text{m}$ 程度の無機材料からなる絶縁樹脂単独、あるいは前記無機絶縁膜

の上部に有機材料からなる有機絶縁膜を積層した複合膜を使用している。この複合膜を使用する場合、該有機膜40は感光性樹脂材料を使用することが望ましい。本実施例で保護膜8の有機膜40として好適な感光性材料を例示すると、感光性ポリイミド、感光性ベンゾシクロブテン、感光性ポリベンゾオキサゾールなどがある。本実施例では、これに限らず保護膜として公知慣用の無機材料、有機材料あるいはこれらの複合膜が使用できる。例えば、無機膜41としては、 $\text{SiN}$ や $\text{SiO}_2$ などが使用できる。

【0028】また、有機膜40は、無機膜41のほぼ全面を覆うように形成されていても勿論かまわないが、図17に示されるようにアルミパッド(回路電極)7の近傍となる領域のみに形成されていてもかまわないし、図18に示されるように無機膜41の表面の任意の複数箇所のみに形成されていても構わない。このように有機膜40の領域を限定することによって保護膜8の内部応力によるウエハ9の反りが低減され、製造工程におけるハンドリングや露光時の焦点合わせなどの点で有利となる。なお、本実施例では、アルミパッド7の近傍の領域とは、アルミパッド7の端部から最大距離1mmまでの領域を指している。なお、図17及び図18ではアルミパッド7の周囲の有機膜40は連続領域に形成されているが、個々のアルミパッド毎にそれぞれ独立した領域に形成しても構わない。具体的には、例えば図19のような領域となる。図17から図19のいずれの形態を使用するかは、該有機膜40に使用する感光性樹脂のパターン精度、膜の内部応力、および該半導体装置13の素子特性を鑑みて決定する。ここで言う素子特性の一例を挙げると、該半導体装置への応力作用により素子内部の個々のアクティブセル(トランジスタ)におけるエネルギー障壁の準位が変動したりすることを指している。

【0029】上記保護膜8の上には、本実施例に係る厚さ35~150 $\mu\text{m}$ の応力緩和層5を選択的に形成する。応力緩和層5の膜厚は、半導体素子のサイズ、応力緩和層の弾性率、半導体素子厚などにも依存しているが、一概には断定できないが、一般的に使用される半導体素子厚は、およそ150~750 $\mu\text{m}$ であり、半導体素子とその表面に形成される応力緩和層とからなるバイメタルモデルで応力シミュレーション実験をおこなったところ、所要の応力緩和層5の膜厚は、10~200 $\mu\text{m}$ が望ましく、更に好ましくは35~150 $\mu\text{m}$ であることがわかったため、本発明に係る実施例ではこの膜厚範囲で形成した。この応力緩和層5の膜厚は、半導体素子の厚みに対して約1/20から1/5程度の厚みに相当する。応力緩和層5の膜厚が35 $\mu\text{m}$ より小さくなると、所望の応力緩和を得ることができず、また応力緩和層5の膜厚が150 $\mu\text{m}$ を越えて厚くなると応力緩和層5自身が持っている内部応力のためにウエハの反りが発生し、露光工程でのビントズレや配線形成工程などでのハ

ンドリング不具合などが発生し易くなり、生産性が低下するという問題がある。

【0030】そして、本実施例に係る応力緩和層5は、半導体ウエハ9より大幅に小さい弾性係数、例えば室温(20℃程度とする。)において0.1GPaから10GPaの弾性係数を有する樹脂材料、特に硬化した熱可塑性樹脂材料により形成する。この範囲の弾性係数を有する応力緩和層であれば信頼性のある半導体装置を提供することができる。すなわち、0.1GPaを下回る弾性係数の応力緩和層の場合、半導体素子そのものの重量を支えることが困難になって半導体装置として使用の際に特性が安定しないという問題が生じやすい。一方、10GPaを越える弾性係数の応力緩和層を使用すると、応力緩和層5自身が持っている内部応力のためにウエハの反りが発生し、露光工程でのビントズレや配線形成工程などでのハンドリング不具合などが発生し易くなり、さらにはウエハが割れるという不具合が発生する危険性すらある。

【0031】更に、本実施例に係る応力緩和層5のエッジ部は、傾斜を有しており、その平均勾配は5~30%程度である。5%を下回る傾斜角の場合、傾斜が長くなりすぎて所望の膜厚が得られない。例えば、平均勾配3%の傾斜角で厚み100 $\mu\text{m}$ とするためには、3mm超の水平距離が必要となり左右のエッジ部をあわせるとはば7mmがなければ所望の膜厚が得られないことになる。一方、傾斜角が30%超の場合、水平距離の点では問題がないが、逆に配線形成の際に十分なステップカバレージが得られない危険性が高い。特にめっきレジストの付き回りや露光および現像の工程でのプロセスマージンがなく、特別な技能または技術が必要となる。さらに傾斜角が大きい場合には、いわゆる応力集中効果が作用してそのエッジ部に応力が集中し、その結果としてエッジ部で再配線用配線4の断線が発生しやすくなる傾向があらわれ、配線構造に特別な工夫が必要となる場合がある。

【0032】図1の場合、応力緩和層5のエッジより500 $\mu\text{m}$ の水平距離にて50 $\mu\text{m}$ の膜厚となっているため、平均勾配は10%程度である。

【0033】更に、本実施例に係る応力緩和層5の表面に電極、例えばパンプパッド3を形成するために、銅などの導体で形成された再配線用配線4でアルミパッド7と接続する必要がある。すなわち、再配線用配線4は、銅などの導体で形成されており、アルミパッド(回路電極)7と、応力緩和層5の表面のはんだボール等の外部接続用端子を形成するための電極、例えばパンプパッド3とを接続している。またパンプパッド3上は、パンプパッド3の酸化を防止するための金めっき2を設けてもよい。半導体装置13の表面はパンプパッド3および多数個の半導体が形成されたウエハ9を各半導体装置13に切断する際の切断部24を除き、表面保護膜6で覆わ

れている。

【0034】表面保護膜6で保護膜8および応力緩和層5を完全に覆うことで封止しているため、半導体素子が形成されたウエハ9の表面から保護膜8および応力緩和層5が剥離することを防止し、半導体の性能劣化を引き起こすイオン等の異物の侵入をも軽減できる。また、保護膜8、応力緩和層5、表面保護膜6は、いずれも切断部24より後退しているため、半導体装置13を切断分離する際に損傷を受けることがない。

【0035】表面保護膜6としては、電気絶縁特性を有する各種樹脂材料を使用することが出来る。パターンを形成する必要があるため感光性材料であることが望ましいが、例えばインクジェットなどの高精度印刷に対応した材料を用いて印刷で成膜しても構わない。その他、カーテンコートなどの安価な塗布方法によって絶縁膜をベタ形成した後にフォトリソグラフィプロセスを用いてエッチングレジストを形成してパターンニングし、このレジストパターンを用いて上記絶縁膜をエッチング加工、レジスト剥離という工程を経て成膜してもよい。

【0036】このような材料として、本実施例では様々な材料が使用可能であるが、いくつか例示すると(1)感光性材料としてアクリル変成感光性エポキシ樹脂、感光性ポリイミド樹脂、(2)インクジェット印刷材料としてポリアミドイミド樹脂、ポリイミド樹脂、(3)ベタ成膜用材料として変成トリアゾール樹脂、変成メラミン樹脂、ポリイミド樹脂などが好適に用いられる。感光性材料についてさらに具体的に例示すると、安価な感光性樹脂材料としてプリント基板製造工程で好適に使用されるソルダーレジストやフレキシブルプリント基板の表面カバーに用いられる感光性ポリイミドなどが表面保護膜6として好適に利用される。一方、ベタ成膜用材料としては、例えば東レ(株)のフォトニース<sup>TM</sup>などが好適である。なお、本実施例では、ソルダーレジストを用いた。

【0037】更に、パンプパッド3上には、半導体装置13を回路基板上に接続実装させるためのパンプ1が形成される。このパンプ1は、はんだ材料で形成するのが一般的である。ここでパンプ1が外部接続端子となる。

【0038】図2には、図1で示した半導体装置13がウエハ上に連続的に形成されている状態を、本来は存在するパンプ1を省略した平面図で示した。図2においてハッチングで示した部位が表面保護膜6であるソルダーレジストである。また、応力緩和層5が角を丸めた長方形に形成されている状態で形成されおり、各半導体装置13の間には各半導体装置13を分離する際の切りしろとなる切断部24が存在する。切りしろは、例えば表面保護膜6の端部から10~100 $\mu$ m程度に位置するのが望ましい。10 $\mu$ m程度より短いと各半導体装置を分離する際にチップングを誘発しやすくなる傾向があり、逆に100 $\mu$ m程度より長くなると半導体素子とし

て使用可能な有効面積が減少する。従って、半導体装置13の歩留まり向上のために切りしろと表面保護層6との間隔を本実施例では10~100 $\mu$ m程度に位置させることが望ましい。なお、再配線用配線4の一端の下層には図示されてはいないがアルミパッド7が存在する。

【0039】このように本発明に係る半導体装置の構造によれば、応力緩和層5が再配線用配線4とウエハ9間に存在するため、半導体装置13が回路基板14上に接続され、それが動作する際にパンプ1が受ける熱による歪みを分散させることが可能となる。このため、この半導体装置13を、図21に示すように、回路基板14に搭載してもアンダーフィルを実施することなく接続寿命を延ばすことが可能となる。また、応力緩和層5は、なだらかな傾斜部を有しているため、再配線用配線4の途中に応力集中部となる配線屈曲部は存在しない。

【0040】本実施例における半導体装置13の製造工程の一例を、図を用いて説明する。図3により第一工程から第三工程までを、図4により第四工程から第六工程を、図5により第七工程から第九工程を説明する。なお、いずれの図においても、本実施例における半導体装置13の断面構造がわかりやすいように、一部分を取り出した断面図としてある。

【0041】第一工程：外部接続用のアルミパッド7が形成済みである半導体が形成されたウエハ9については、従来の半導体装置13と同じ工程にて製造する。本実施例で使用した半導体装置では外部接続用パッドの材質はアルミニウムであったが、外部接続パッドは銅であってもかまわない。本実施例では外部接続としてワイヤボンディングを使用しないため、外部接続パッドが銅の場合に生じやすいボンディング性の問題を考慮する必要がないからである。外部接続パッドが銅であれば配線の電気抵抗を低減できるため、半導体素子の電気特性向上の観点からも望ましい。

【0042】第二工程：必要に応じて、保護膜8を形成する。保護膜8は、無機材料を用いて半導体製造工程におけるいわゆる前工程において既に形成される場合もあり、また、更に無機材料の上に有機材料を用いて重ねて形成する場合もある。本実施の形態に於いては、半導体工程におけるいわゆる前工程で形成された無機材料からなる絶縁膜、例えばCVD法等で形成された窒化珪素、テトラエトキシシラン等によって形成された二酸化珪素、あるいはそれらの複合膜からなる絶縁膜の上に、有機材料である感光性ポリイミドを塗布し、これを感光、現像、硬化することで厚さ6 $\mu$ m程度の保護膜8を形成している。これにより、半導体が形成されたウエハ9上に保護膜8が形成される。本実施例では保護膜8の膜厚を6 $\mu$ m程度としたが、所要膜厚は当該半導体素子の種類によって異なっており、その範囲は1~10 $\mu$ m程度となる。なお、図2に示している表面保護膜6と同様に有機膜40は無機膜41のほぼ全面を覆うように形成され

ていても勿論かまわないが、図17～図19に示されるようにアルミパッド7の近傍となる領域のみに形成されていてもかまわない。無機材料のみからなる絶縁膜8の場合、膜厚の範囲は3 $\mu$ m程度以下となる。また、本実施例で使用した感光性ポリイミド以外にも、ポリベンズオキサゾール、ポリベンゾシクロブテン、ポリキノリン、ポリフォスファゼンなども使用できる。なお、図17(b)、図18(b)、および図19は、チップ領域10を示す。

【0043】第三工程：ペースト状ポリイミド材料、特にペースト状熱可塑性ポリイミド材料を応力緩和層5の形成予定箇所に印刷塗布し、その後これを加熱することで硬化させる。これにより保護膜8上に本実施例に係る応力緩和層5が10～200 $\mu$ m程度（好ましくは35～150 $\mu$ m程度）の膜厚で形成される。

【0044】第四工程：電気めっきに用いるための給電膜（例えばCr薄膜とCu薄膜からなる）16をスパッタ等の方法で形成した後に、配線の逆パターン17をフォトリソストを用いて形成する。

【0045】第五工程：この給電膜16および配線の逆パターン17を利用して電気めっきを行い、再配線用配線4およびパンプパッド3の形成を行う。また、必要に応じて電気めっきを繰り返すことで再配線用配線4を多層構造とする。

【0046】第六工程：フォトリソストからなる配線の逆パターン17および電気めっきの給電膜16をエッチング処理により除去する。

【0047】第七工程：ソルダーレジストを用いて表面保護膜6を形成する。そして、このパターンを利用してパンプパッド3の最表面に無電解金めっき2を行う。

【0048】第八工程：パンプパッド3上にフラックスと共にはんだボールを搭載し、加熱することでパンプパッド3にはんだボールを接続し、パンプ1を形成する。

【0049】第九工程：半導体が形成されたウエハ9の切断部24をウエハダイシング技術により切断することによって、図21に示すように、回路基板14に接続実装できる半導体装置13が完成することになる。

【0050】以下では、上記の第三工程から第八工程までについて詳細に説明する。

【0051】まず、第三工程について具体的に説明する。本実施例に係る応力緩和層5は、10～200 $\mu$ m程度（好ましくは35～150 $\mu$ m程度）の膜厚にする必要があるため、印刷することによって形成するようにした。印刷に使用するマスク30としては、プリント配線板に対するはんだペースト印刷などで使用する印刷用マスクと同じ構造のものが使用可能である。例えば、図6に示すように、ニッケル合金製のステンシル25を、樹脂シート26を介して枠27に貼り付けた形態のメタルマスクを使うことが出来る。印刷用マスク30のパターン開口部28は、50 $\mu$ m程度は印刷後にペーストが

濡れ広がるため、それを見込んだ分、小さめに製作するようにしてもよい。図7に示すように、ペースト印刷は、印刷用マスク30と半導体が形成されたウエハ9のパターンとを位置合わせした状態で密着させ、その状態で、スキージ32がステンシル25上を移動することで、パターン開口部28をペースト31で充填し、その後、印刷用マスク30を半導体が形成されたウエハ9に対して相対的に上昇させることで、印刷をするいわゆるコンタクト印刷をおこなう。なお、ここで言うウエハ9と印刷用マスク30の密着は、両者の間に隙間を全くなくすることを必ずしも意味しない。ウエハ9上には既に保護膜8が部分的に形成されているため、この上に印刷マスク30を隙間なく密着させることは実用上困難なためである。本実施例では、ウエハ9と印刷用マスク30との間の隙間が0～100 $\mu$ m程度となるような印刷条件で印刷した。このほかにも、第一スキージで印刷用マスク30のスキージ面全体をペースト31でコーティングし、その後、第二スキージで印刷用マスクのパターン開口部28を充填し、かつ余分なペーストを除去する。その後、印刷用マスク30を半導体が形成されたウエハ9に対して相対的に上昇させる印刷方法もある。図8に示すように、印刷マスク30をウエハ9に対して相対的に上昇させる際、垂直に上昇させてもかまわないが、相対的に傾斜角を持つように動かしながら上昇させても良い。傾斜角を持たせることによって、印刷マスク30がウエハ9から離れる場合の版離れ角がウエハ面内で均一になりやすい。また、印刷マスク30はウエハ9の一方の端から他方の端へ向かって離れていくことになり、版抜けが不安定になりやすい版離れの最後の瞬間は半導体装置のない領域で行われることになって歩留り向上の点でも有利となる。さらに、同一の印刷機を用いて複数枚ウエハ9に連続的印刷を行なう場合には、適宜のタイミングでマスク版の裏側を拭きとる工程を挿入すると良い。例えば、本実施例では10枚連続印刷すると1回マスク版の裏側の清掃を行ない、しかる後に11枚目の印刷を行なった。マスク裏側の清掃のタイミング、回数、その方法はペースト材料の粘度や固形分濃度、フィラー量などによって適宜調節が必要となる。

【0052】引き続きペーストパターン33が印刷塗布された半導体が形成されたウエハ9をホットプレートや加熱炉を用いて段階的に加熱することでペーストパターン33が硬化し、応力緩和層5が形成される。

【0053】ここで使用している応力緩和層5の形成用の材料は、ペースト状のポリイミドであり、保護膜8の上に印刷塗布された後に加熱することで硬化することが出来る。また、このペースト状のポリイミドは、ポリイミドの前駆体と溶媒およびその中に分散した多数のポリイミドの微小粒子からなっている。微小粒子としては、具体的には平均粒径1～2 $\mu$ m程度であり、最大粒径が約10 $\mu$ mとなる粒度分布を有する微小粒子を使用した。



本実施例に用いられているポリイミドの前駆体は、硬化するとポリイミドの微小粒子と同一材料となるので、ペースト状のポリイミドが硬化した際には、一種類の材料からなる均一な応力緩和層5が形成されることとなる。本実施例では、応力緩和層形成材料としてポリイミドを用いたが、本実施の形態では、ポリイミド以外にアミドイミド樹脂、エステルイミド樹脂、エーテルイミド樹脂、シリコーン樹脂、アクリル樹脂、ポリエステル樹脂、これらを変性した樹脂などを用いることも可能である。ポリイミド以外の樹脂を使用する場合には、上記ポリイミド微小粒子表面に相溶性を付与する処理を施すか、あるいは、上記ポリイミド微小粒子との親和性を向上するように樹脂組成に変成を施すことが望ましい。

【0054】上記列挙した樹脂のうち、イミド結合を有する樹脂、例えばポリイミド、アミドイミド、エステルイミド、エーテルイミド等では、イミド結合による強固な骨格のおかげで熱機械的特性、例えば高温での強度などに優れ、その結果として、配線のためのめっき給電膜形成方法の選択肢が広がる。例えば、スパッタなど的高温処理を伴うめっき給電膜形成方法を選択できる。シリコーン樹脂やアクリル樹脂、ポリエステル樹脂、アミドイミド、エステルイミド、エーテルイミドなどイミド結合以外の結合で縮合した部分がある樹脂の場合、熱機械特性は若干劣るものの加工性や樹脂価格などの点で有利な場合がある。例えば、ポリエステルイミド樹脂では、一般にポリイミドよりも硬化温度が低いため扱いやすい。本実施の形態においては、これらの樹脂の中から素子特性、価格、熱機械特性などを総合的に勘案してこれらの樹脂を適宜使い分ける。

【0055】ペースト状のポリイミド中にポリイミド微小粒子を分散させることで材料の粘弾特性を調整することが可能となるため、印刷性に優れたペースト31を使用することが出来る。微小粒子の配合を調整することで、ペースト31のチクソトロピー特性を制御することが可能となるため、粘度の調整と組み合わせることで、印刷特性を改善することが出来る。また、応力緩和層5の傾斜角度を調節することもできる。

【0056】本実施例で、好適なペースト31のチクソトロピー特性は、回転粘度計を用いて測定した回転数1rpmでの粘度と、回転数10rpmでの粘度との比から求めた、いわゆるチクソトロピーインデックスが2.0から3.0の範囲にあることが望ましい。なお、チクソトロピーインデックスに温度依存性が現れるペーストの場合、チクソトロピーインデックスが2.0から3.0の範囲になるような温度領域で印刷すると高成績が得られる。

【0057】印刷したペースト状のポリイミドを加熱硬化した後は、図9に示す如く、ウエハ9上に傾斜部35および平坦部36からなる断面形状を有する応力緩和層5が形成される。このように印刷により応力緩和層5

を形成すると、応力緩和層5のエッジ部より200~1000μmのところにくらみ部分34が存在する場合があるが、このくらしみ部分34の位置および存在の有無については、ペースト状のポリイミドの組成を調整したり、印刷に関わる各種条件を変更することで、ある程度制御可能となる。

【0058】なお、この場合の印刷に関わる各種条件としては、メタルマスク厚さ、スキージ速度、スキージ材質、スキージ角度、スキージ圧（印圧）、版離れ速度、印刷時のウエハの温度、印刷環境の湿度等々があげられる。

【0059】上記くらしみ部分34の高さや形状の制御は、上記印刷条件によって達成できるが、その他の制御方法として、保護層8の構造調整による方法もある。例えば、図36に示したように保護膜8の有機層40の形成領域をパッド7の近傍のみに限定すれば、有機層40上部に相当する部分の応力緩和層5を盛り上げさせることは容易である。

【0060】更に、図1に示すように応力緩和層5にくらしみ部分34を積極的に形成した場合は、配線4のたわみ部分を形成することができ、これにより熱膨張などによる応力を吸収しやすい構造となり、配線4の断線をより防止することができる。具体的には、応力緩和層5の平均厚さに対して、最大で約25μm、望ましくは7~12μm程度の高さを持つくらしみ部分34が形成されることが好ましい。この程度の頂点であれば、マスク印刷30により十分形成可能である。例えばこのくらしみ部34を半径が10μmの半円筒形状と仮定すると、くらしみ部34の半弧の長さは $(2 \times 3.14 \times 10 \mu\text{m}) / 2 = 31.4 \mu\text{m}$ となり、配線4の冗長長さは、くらしみ部1個について $31.4 \mu\text{m} - 10 \mu\text{m} = 21.4 \mu\text{m}$ 、応力緩和層5の両側に1つずつ形成した場合には42.8μmとなる。このように、配線4に冗長部を設けることができるため、配線構造およびはんだ接合部に作用する熱応力が緩和され、従って、信頼性の高い配線構造を提供できる。

【0061】なお、このくらしみ部34の所要厚さは、応力緩和層5の膜厚および弾性率、半導体素子13のサイズ、半導体素子の消費電力、半導体素子を搭載する回路基板14の物性値などを勘案した実験およびシミュレーションから求める。例えば、本実施例では、半導体素子13の対角長さをLmmとし、半導体素子13とそれを搭載する回路基板14の線膨脹係数の差が15ppm/°C、半導体素子13の基板搭載プロセス~動作中のON/OFFによって生じる最大温度範囲が摂氏200度とすると、基板実装品が実使用環境での使用で配線部が受ける最大熱変形量は、 $15 (\text{ppm}/^{\circ}\text{C}) \times L / 2 (\text{mm}) \times 200 (^{\circ}\text{C}) = 0.0015 \times L \text{mm}$ となる。従って、上記くらしみ部34に要求される冗長長さは、 $0.002 \times L \text{mm}$ 程度あれば充分であると考え

た。この計算からふくらみ部34を半円筒形状で近似して、本実施例では、そのふくらみ部分の高さは応力緩和層5の平均厚さに対して $L/2000\text{mm} \sim L/500\text{mm}$ 程度の範囲に収まるようにした。

【0062】ところで、特に、印刷したペースト状の樹脂が、具体的には後述するように、熱可塑性樹脂の場合、加熱硬化した際、溶剤が蒸発することになり、マスク印刷によって生じさせたふくらみ部分34の形状を維持（確保）することが可能となり、その結果、その上に形成する配線4にたわみ部分を形成して配線4が切断されることを防止することが可能となることを実験によって確認することができた。

【0063】逆に、印刷したペースト状の樹脂が、後述するように、熱硬化性樹脂の場合、加熱硬化した際、該樹脂が溶融して硬化する関係で、マスク印刷によって生じさせたふくらみ部分34が溶融してなくなってしまう傾向にあり、その結果、その上に形成する配線4にたわみ部分を形成することが難しくなる。

【0064】必要となる応力緩和層5の膜厚が1回の印刷および加熱硬化で形成されないときには、印刷及び材料の硬化を複数回繰り返すことで所定の膜厚を得ることができる。例えば、固形分濃度30～40%のペースト31を用いて厚さ65 $\mu\text{m}$ のメタルマスクを使用した場合、2回の印刷で硬化後の膜厚として約50 $\mu\text{m}$ を得ることが出来る。また特に、回路基板14に半導体装置13を接続した際に歪みが集中しやすい箇所に配置されているバンプ1については、該当する個所の応力緩和層5のみに限定して厚さを厚膜化することで、歪みの集中を緩和することも出来る。このためには、例えば、ペースト状ポリイミドを半導体が形成されたウエハ9上に対して、1回目の印刷にて使用したものと異なるメタルマスクを使い複数回の印刷をすれば良い。第2の方法として、ひずみが集中しやすいバンプの直下における保護層8の構造を調整することによって応力緩和層5の厚みを部分的に変更することもできる。例えば、保護膜8の構造を、該当するバンプ1の直下では無機膜のみからなる無機層41を使用し、その他の領域では無機と有機複合層とすると、低弾性な応力緩和層5の厚みは、該バンプの直下では有機層の厚み分だけ厚くすることができる。

【0065】なお、必ずしも応力緩和層5中に微粒子を有する必要はなく、微粒子をペースト中に分散させない場合でも印刷に必要な最低限の粘弾性特性が確保されればよい。ただし、微小粒子をペースト中に分散させない場合は、印刷に関わる各種条件のマージンが極端に狭くなる可能性がある。

【0066】次に、第四工程について具体的に説明する。本実施の形態では、再配線用配線4を電気銅めっきと電気ニッケルの2層とした。なお、再配線用配線4の一端をバンプパッド3と兼用してもよい。ここでは、銅、ニッケルとも電気めっきを用いて導体を形成する方

法を示したが、無電解めっきを用いることも可能である。

【0067】まず、電気めっきを実施するための給電膜16を、半導体ウエハ全面に形成する。ここでは、蒸着や、無電解銅めっき、CVDなども用いることが可能であるが、保護層8および応力緩和層5との接着強度が強いスパッタを用いることとした。スパッタの前処理として、ボンディングパッド7と再配線用配線4導体との間の導通を確保するためにスパッタエッチングを行った。

本実施例におけるスパッタ膜としては、Cr(75nm $\sim$ 0.1 $\mu\text{m}$ 程度)/Cu(0.2 $\mu\text{m}$  $\sim$ 0.5 $\mu\text{m}$ 程度)の多層膜を形成した。ここでのCrの機能は、その上下に位置するCuと応力緩和層5等との接着を確保することにあり、その膜厚はそれらの接着を維持する最低限が望ましい。Crの膜厚が厚くなると成膜時間が増大して生産効率が低下するという問題に加えて、保護層8や応力緩和層5を長時間にわたってスパッタチャンバー内に発生している高エネルギー状態のプラズマに曝すことになり、これらの層を形成している材料が変質するという危険性がある。なお、所要膜厚は、スパッタエッチングおよびスパッタの条件、Crの膜質などによっても変動するが、おおむね最大で0.5 $\mu\text{m}$ である。なお、本実施の形態で使用したCr膜に代えてTi膜やTi/Pt膜、Wなどでも代替できる。一方、スパッタ銅の膜厚は、後の工程で行う電気銅めっき及び電気ニッケルめっきを行ったときに、めっき膜の膜厚分布が生じない最小限度の膜厚が好ましく、めっき前処理として行なう酸洗などでの膜減り量も考慮に入れたうえで膜厚分布を誘発しない膜厚を決定する。スパッタ銅の膜厚を必要以上に厚くした場合、例えば1 $\mu\text{m}$ を越える銅厚の場合には、スパッタ時間が長くなって生産効率が低下するという問題に加えて、後の工程で実施する給電膜16のエッチング除去の際に長時間エッチングが避けられず、その結果として再配線用配線4のサイドエッチングが大きくなる。単純な計算では、1 $\mu\text{m}$ の給電膜をエッチングする場合には配線も片側1 $\mu\text{m}$ 、両側で2 $\mu\text{m}$ のエッチングが起こる。実際の生産では、給電膜のエッチング残りが発生しないようにオーバーエッチングすることが一般的に行われているため、1 $\mu\text{m}$ の給電膜をエッチングする場合には配線が5 $\mu\text{m}$ 程度サイドエッチングされることになる。サイドエッチングがこのように大きくなると、配線抵抗が大きくなったり、断線を誘発しやすくなったりして、配線性能の観点で問題を発生しやすい。従って、スパッタ銅の膜厚はおおむね最大で1 $\mu\text{m}$ となる。

【0068】次に、ホトリソグラフィー技術を用いて、再配線用配線4の逆パターン形状17をレジストを用いて形成する。図4中のBで示した応力緩和層5のエッジ部におけるレジストの膜厚は、斜面部から流れ出たレジストにより、他の場所と比べ厚くなる。このため、解像

度を確保するためには、ネガ型の方が好ましい。レジストとして、液状レジストを用いた場合、図4中のBで示した応力緩和層5のエッジ部の斜面上部ではレジスト膜厚が薄くなりやすく、斜面下部では逆にレジスト膜厚が厚くなり易い傾向がある。斜面上部と斜面下部とで膜厚の異なるレジストを同一露光量、同一現像条件でパターンニングするには広い現像裕度が必要となる。一般に、膜厚に対する現像裕度はポジ型感光特性レジストよりもネガ型感光特性レジストが広い。本実施例ではネガ型の液状レジストを用いた。なお、フィルムレジストを使用する場合には、斜面上下での膜熱差は発生しないためネガ型でもポジ型でも使用可能となるが、斜面部はななめから露光することになって実質光路長が長くなるため、この場合にもネガ型を用いると好成績が得られることが多い。応力緩和層5のエッジ部の傾斜が大きい場合\*

表1

		露光マスク下部の隙間 [ $\mu\text{m}$ ]			
		40	60	80	100
配線幅 [ $\mu\text{m}$ ]	15	×	×	×	×
	20	○	×	×	×
	25	○	○	○	×
	30	○	○	○	○
	40	○	○	○	○
	50	○	○	○	○

○：解像可

×：解像不可

図11には、アルミパッド7との接続部23とパンプバット3が再配線用配線4で接続されている様子を示す。本実施の形態で使用した露光装置の場合には、表1の横軸である露光マスクの下部の隙間は、応力緩和層5の厚さにはば対応している。例えば、応力緩和層5の厚さが60 $\mu\text{m}$ であれば配線の幅は25 $\mu\text{m}$ まで解像可能である。したがって、信号線の配線幅を25 $\mu\text{m}$ とし、電源またはグランド線の配線幅を40 $\mu\text{m}$ として配線4をすることもできる。また、信号線の配線を25 $\mu\text{m}$ として、その信号線の一部を太くすることも可能である。

【0072】なお、図12には、応力緩和層5の傾斜部付近における再配線用配線4を拡大して示す。

【0073】上述のように、応力緩和層5のエッジ部近傍でレジスト膜厚が不均一となっているため、その領域で現像不足が発生しやすい傾向があった。図13には、実際に応力緩和層5のエッジ部分で現像不足が起こっている様子を示す。本実施の形態では、この対策のために現像液の回り込みを改善することによって解決した。より具体的に例示すると、配線パターン形状を図14や図15に示したように変更することなどの方策である。

【0074】図14はアルミパッドとの接続部23から応力緩和層5の頂上付近まで配線幅を太くした場合を、

\*やブリーチング特性の弱いフィルムレジストを用いる場合には、ネガ型が特に好ましい。

【0069】本実施例では、図10に示すように、露光マスク21とレジスト22が密着し、一部に隙間20を有するタイプの露光機を用いた。該露光機での解像限界は、露光用マスク21とレジスト22とが密着した場合で約10 $\mu\text{m}$ であった。我々の実験結果によると、露光マスク21下部の隙間20と解像する配線幅の関係は、表1に示すようになった。なお、表1中の値は露光機の光学系や現像条件、レジストの感度、レジスト硬化条件、配線幅/配線間隔の比などにより変化する。

【0070】表1に示している実験結果は、配線幅/配線間隔の比が1.0の場合の値である。

【0071】

【表1】

図15は解像性が悪い応力緩和層5のエッジ部分のみの配線幅を太くした場合を示している。なお、これら図14および図15における配線幅は、応力緩和層5の厚さと表1に示した解像特性とを考慮して決定する。他の解決策として現像時間を延長することで現像残りを解消する方法も考えられる。

【0075】また、マスク面で光が回折するため、露光マスク21の下に隙間20が存在することに起因して解像性低下やパターン精度低下が起こる場合がある。この現象の解決策として、(1)露光機の光学系変更、

(2)レジストのブリーチング性改良、(3)レジストのプリベーク条件適正化、(4)多段露光などがあげられる。露光機の光学系の変更について具体例を1つ挙げると、NA値が0.0001以上0.2以下の露光機を使用するという方策があげられる。ここで挙げた例に限らず、公知慣用のプロセス上の工夫を適宜組み合わせることで、パターンの解像性、精度を向上することができる。

【0076】応力緩和層5のエッジ部は、ウエハ9と応力緩和層5の物性値の違いにより生じる応力が集中しやすい構造上の特徴があるので、応力緩和層5の傾斜部で配線を太くすることにより断線を効果的に防止すること

もできる。なお、必ずしもすべての配線を同じ太さにする必要はなく、例えば図16に示すように電源/グランド線4bと信号線4aで配線の幅を変えるようにしてもよい。この場合、電気的な特性を考慮すると一般には電源/グランド線4bを信号線4aよりも太くすることが望ましい。

【0077】信号線4aを太くした場合、これにより配線の有する容量成分が増加し、高速動作時に影響を及ぼすからである。逆に、電源/グランド線4bを太くすると電源電圧が安定するという効果が期待できるのでむしろ好ましい。したがって、図示するように信号用配線4aについては、応力の集中する部分だけを最低限緩和できるようにエッジ周辺を太くしたパターンとし、電源用またはグランド用配線4bについては傾斜部を一様に太くすることが望ましい。一方、応力緩和層5が形成されていない平坦部については、配線の容量成分の影響を考慮し、信号配線4aを細くしている。ただし、これは、半導体素子の種類やその配線パターンによりその都度考慮する必要がある。例えば、半導体素子やその配線パターンにも依存するが、保護膜8の厚みを増大すると配線4の容量低減に大きな効果があるので、応力緩和層5が形成されていない平坦部で信号配線4aを太くせざるを得ない場合には、保護膜8を厚く形成することが望ましい。具体的には、配線幅を10%増大させる場合には、保護膜8の膜厚も約10%程度増大させることが望ましい。一方、応力緩和層5の上部平坦部36での配線幅は、信号線容量よりもむしろ配線密度によって制限を受ける。すなわち、パンプパッド3の間隔に通す配線本数、パンプパッド3の径、配線形成工程における位置合せ精度、などから応力緩和層5の上部平坦部36での配線幅の上限値が求められる。具体的に一例を示すと、パンプパッド3の間隔が0.5mmで、パッド径が300μm、パッド間に3本配線4をひく場合には、 $(500-300)/(3 \times 2 - 1) = 40$ 程度という計算となる。この計算結果から、本実施例では、平均配線幅/配線間隔=40μm程度とした。

【0078】次に、第五工程について具体的に説明する。本実施例では、硫酸酸性銅めっき液を用い銅めっきを実施した。電気銅めっきは、界面活性剤による洗浄、水洗、希硫酸による洗浄、水洗を行った後、給電膜16を陰極に接続し、リンを含有する銅板を陽極に接続して実施した。

【0079】引き続き、電気ニッケルめっきを行う。なお、電気ニッケルめっき前に、界面活性剤による洗浄、水洗、希硫酸による洗浄、水洗を行うと良好な膜質の電気ニッケルめっき膜が得られ易い傾向がある。電気ニッケルめっきは、給電膜16を陰極に接続し、ニッケル板を陽極に接続して行った。本実施例で好適な電気ニッケルめっきは、公知慣用ないずれのニッケルめっき浴でも使用可能であり、ワット浴系でもスルファミン浴系でも

よいが、本実施例ではワット浴系を用い、めっき膜内部応力が適正範囲になるように調整しためっき条件下で行なった。スルファミン浴はめっき液成分がワット浴と比べると高価であるうえ若干分解しやすい傾向があるという欠点はあるが皮膜応力が制御しやすい。一方、ワット浴は一般に皮膜応力が大きくなりやすいので、厚膜めっきした場合には自身の持つ皮膜応力(引っ張り応力)のために配線層にクラックが入る危険性が増大するという欠点がある。本実施例ではワット浴を用いたが、スルファミン浴を用いる場合でもワット浴を用いる場合でも、添加剤(皮膜応力抑制剤)の種類および濃度、めっき電流密度、めっき液温度の適正範囲を求めるためのモデル実験をあらかじめ実施してから行うと良い。本実施例ではこれらを適正に制御して膜厚10μm以下では配線にクラックがはいらない条件をあらかじめ求めてから実施した。

【0080】なお、めっき膜応力は、析出したニッケルの金属結晶配向性に関わる指標の1つであり、後述するはんだ拡散層の成長を抑制するために、適正に制御する必要がある。膜応力が適正に制御された条件下でめっきすると、めっき皮膜は特定量の微量成分を共析するようになる。例えば、硫黄0.001~0.05%を含有する膜の場合、特定の結晶配向面の含有率が高まる。より具体的に言えば、配向面111、220、200、311の含有率合計が50%以上となる。

【0081】電気ニッケルめっきの膜厚は、その後の工程で用いるはんだの種類やリフロー条件、及び半導体装置の製品特性(実装形態)により最適値を決定する。具体的には、はんだリフローや実装リペアの際に形成されるはんだとニッケルとの合金層の膜厚がニッケルめっき膜厚以上になるように決定すれば良い。上記合金層の膜厚は、はんだ中のスズの濃度が高いほど大きく、リフロー上限温度が高いほど大きくなる。

【0082】次に、第六工程では、電気銅めっきおよび電気ニッケルめっきを行ったのちに配線4の逆パターンであるレジスト17を除去し、エッチング処理をすることとで予め成膜した給電膜16を除去する。

【0083】銅のエッチングには、塩化鉄、アルカリ系エッチング液等の種類があるが、本実施例では硫酸/過酸化水素水を主成分とするエッチング液を用いた。10秒以上のエッチング時間がないと制御が困難となって実用的観点では不利であるが、あまりに長い時間エッチングを行なうと、例えば5分を越えてエッチングするような場合には、サイドエッチングが大きくなったりタクトが長くなるという問題も生じるため、エッチング液およびエッチング条件は、適宜実験により求めるのがよい。引き続いて実施する給電膜16のクロム部分のエッチングには、本実施例では過マンガン酸カリウムとメタケイ酸を主成分とするエッチング液を用いた。なお、上記電気ニッケルめっき膜は給電膜16のエッチングの際の

ッチングレジストとしても機能している。従って、NiとCu、NiとCrのエッチング選択比を勘案してエッチング液の組成成分、エッチング条件を決定するとよい。例えば、具体的に言えば、銅のエッチングの際に使用する硫酸過酸化水素エッチング剤では、硫酸の含有量は最大でも50%以下、望ましくは15%以下とする。これにより、Niに対して10倍程度のエッチング選択比でCuをエッチングすることができる。

【0084】次に、第七工程では、パンプパッド3および切断部24およびその周囲のみが開口した表面保護膜6を形成し、引き続き無電解金めっきを実施することでパンプパッド部3に金を成膜した。ここでは表面保護膜6としてソルダーレジストを使用し、これを半導体装置13の全面に塗布した後に露光、現像することでパターンを形成する。なお、ソルダーレジストの他にも感光性ポリイミドや印刷用ポリイミドなどの材料を用いて表面保護膜6を形成することも可能である。

【0085】以上のような工程を経ることで、表面保護膜6は、再配線用配線4、応力緩和層5、保護膜8などを完全に覆うこととなる。このため、表面保護膜6は、再配線用配線4、応力緩和層5、保護膜8が刺激性物質により変質、剥離、腐蝕することを抑止できる。表面保護膜6に使用する材料には、このような最終の保護膜としての特性が求められるため、室温(20℃程度とする。)付近における破断伸びが少なくとも3%以上必要で、10%超の破断伸びを有する材料であることが好ましい。破断伸びが3%を下回る材料の場合には、製造段階での様々なプロセス、パッケージとして流通させる際のハンドリング、あるいは機器に組み込んで使用している環境下でのさまざまな衝撃や応力などにより表面にクラックが発生しやすい傾向があり、最終保護層としての機能の一部を失う危険性がある。逆に破断伸びが10%超であると上述のようなクラック発生危険性は低いので、本実施例を実施する上で特段の問題はないが、一般的にはおおむね破断伸び200%以下であることが望ましい。破断伸び200%超の材料は、耐熱性や耐候性の点で劣る場合が見受けられる。従って、より好ましくは破断伸び100%以下の材料を用いることが好ましい。

【0086】また、最終保護膜6には、下層との密着信頼性確保という別の機能も要求される。したがって、表面保護膜6の成膜プロセスは材料の持つ密着特性を損なわないような工夫が必要で、本実施例では、硬化フローの適正化を行なっている。具体的に例示すると、(1)多段階の温度階層からなる硬化フローの採用、(2)最終硬化温度での硬化時間の適正化、などの工夫があげられる。さらに具体的に記載すれば、プレッシャークック条件にさらした後の密着性成績を鑑みて、上記例示した工夫とその他公知慣用の工夫とを適宜組み合わせる。

【0087】以上説明した第七工程までで、図20および図2に示すごとく、アルミパッド7からパンプパッド

3までの再配線用配線4およびパンプパッド3が、半導体が形成されたウエハ9上に形成される。

【0088】次に、第八工程では、はんだボール搭載装置とリフロー炉を使用しパンプを形成する。つまり、はんだボール搭載装置を利用することで、パンプパッド3上に所定量のフラックスとはんだボールを搭載する。このはんだボールとしては、鉛フリーのはんだボールを用いることが好ましい。この際、はんだボールはフラックスの粘着力によりパンプパッド上に仮固定される。はんだボールが搭載された半導体ウエハをリフロー炉に投入することではんだボールは一旦熔融し、その後再び固体化することで、図1に示したパンプパッド3に接続したパンプ1となる。このほかにも印刷機を用いてはんだペーストをパンプパッド3上に印刷塗布し、これをリフローすることでパンプ1を形成する方法もある。何れの方法においてもはんだ材料は様々なものを選択することが可能となり、現時点において市場に供給されているはんだ材料の多くが使用できる。この他、はんだ材料は限定されるものの、めっき技術を用いることで、パンプ1を形成する方法もある。また、金や銅を核としたボールを使用したパンプや導電材料を配合した樹脂を使用して形成したパンプを使用しても良い。

【0089】以上、第一工程から第九工程までの工程を経ることで、図1に示した応力緩和層5を有し、かつ少ない工程数で再配線用配線4が形成され、しかも再配線用配線4の途中には応力が集中する屈曲部が存在しない半導体装置13を実現できる。また、上述した如く、スクリーン印刷等の印刷技術を使用することで、露光や現像技術を用いることなく厚膜の絶縁層である応力緩和層5をパターン形成することができ、その応力緩和層5は再配線用配線4を形成するための斜面を有することができる。

【0090】本実施例によれば、アンダーフィルを実施せず、半導体装置13をフリップチップ接続した場合でも半導体装置13の接続信頼性を大幅に向上させることができる。

【0091】このため本実施例によれば、多くの電気製品においてアンダーフィルを使用しないフリップチップ接続が可能となり、各種電気製品の価格を低減することが可能となることわかる。

【0092】さらに、アンダーフィルを実施しないため、半導体装置13の取り外しが可能となる。つまり、回路基板に接続した半導体装置13が不良品であった場合、半導体装置13を回路基板上から取り外し回路基板を再生することが可能となり、これによっても各種電気製品の価格を低減することが可能となる。

【0093】以上説明した本発明に係るパッケージ(半導体装置)13では、図21に示すように、回路基板14への接合パンプ1の下部に応力緩和層5を設けた構造となっており、パンプ1に作用する熱応力はパンプ1の

下部から応力緩和層5へと伝達されることになる。即ち、本発明に係る半導体装置13は、応力シミュレーション実験により、熱応力がバンプ1の上下部へ集中することを明らかにした上で、応力集中点であるバンプ下部で直接的かつ効率的に応力緩和できる構造を構築したことにある。このように、本発明に係るパッケージ（半導体装置）自体の持つ構造的特徴をうまく引き出すために、応力緩和層5の材料組成にも工夫を施した。即ち、本実施例に係る応力緩和層5の材料は、アンダーフィルレジンと比べて弾性率を低減させており、その結果としてバンプ1へ作用する熱応力を柔軟に緩和させることができる。この応力緩和層5に好適な材料の弾性率は、室温において0.1から10.0GPa程度であることが望ましいが、一般のポリイミド硬化物よりは弾性率が低いものがさらに望ましい。なお、一般のアンダーフィルレジンの弾性率は一般的なポリイミド硬化物よりも大きい。応力緩和層5用材料の弾性率が0.1GPaを下回って小さすぎる場合には、後述する突起電極の形成や該半導体装置の機能試験を行う際に配線部分が変形し易くなり断線等の問題が懸念される。また、応力緩和層5の\*

\*弾性率が10.0Gを越えて大きくなると充分な応力の低減効果が得られず、該半導体装置13を基板14に搭載した場合の接続信頼性が低下することが懸念される。

【0094】更に、本発明に係る半導体装置では、上記のようなパッケージ構造や材料物性の特徴を引き出すために、樹脂層形成工程の順番にも工夫を凝らしている。即ち、上述したごとく、本実施例では、再配線を形成する以前に応力緩和層5を形成・硬化させる。その結果、応力緩和層5を形成するときには配線4およびバンプ1はまだ形成する前の上面が開放された状態にあり、応力緩和層5への内部応力の蓄積は小さく、樹脂内部応力起因のバンプ変形は起こらない。

【0095】更に、本実施例に係る応力緩和層5の材料の実施例について具体的に説明する。即ち、応力緩和層5の材料としては、次の表2に例示する如く、熱可塑性材料も熱硬化性材料も同等の成績を与えることが、本発明の半導体装置13に対する温度サイクル試験結果から判明した。

【0096】

【表2】

表2

No	応力緩和層の材料	試験条件	試験試料数	不良発生サイクル数
1	熱可塑性*1	-55℃/ 125℃	45	>1000
2	熱硬化性*1		45	>1000
3	無し*1		20	100
4	無し*2		20	>1000

\*1：アンダフィル無

\*2：アンダフィル有

この表2からわかるように、応力緩和層5無しでアンダーフィルを使用しない実装形態では、かなり初期の段階で不良が発生する（No. 3）のに比べて、応力緩和層5がある場合（No. 1および2）にはアンダーフィルがなくても好成績を与えている。この成績は、応力緩和層無しでアンダーフィル有りの実装形態（No. 4）と同等であり、接続信頼性向上という観点において、応力緩和層5がアンダーフィルと同等の効果・作用を有していることが判明した。

【0097】なお、例えば応力緩和層5の材料は、応力緩和層形成工程以降の各工程での最高到達温度 $T_{max}$ （350℃程度）を考慮したガラス転移温度 $T_g$ および熔融温度 $T_m$ を有するものを選択することが好ましい。さらに、具体的に述べると、配線4を応力緩和層5の表面に密着させるためのスパッタ成膜、表面保護膜（カバーコート層）6の成膜、はんだリフローの工程での最高到達温度 $T_{max}$ と応力緩和層5の材料のガラス転移温度 $T_g$ および熔融温度 $T_m$ との間に特定の関係が望ましい。

【0098】その根拠について、その要点を図22～図

24を用いて説明する。図22（a）、（b）、および図23（a）、（b）、（c）は、5種類の材料A、B、C、D、Eの動的粘弾特性（貯蔵弾性率）と熱機械特性（TMA）（膨張量）とを示すグラフである。

【0099】図22（a）に示す材料Aは、熔融温度 $T_{m-a}$ が、プロセス中最高到達温度 $T_{max}$ （350℃程度）以上を有する熱可塑性材料である。即ち、図22（a）に示す材料は、プロセス中最高到達温度 $T_{max}$ がガラス転移温度 $T_{g-a}$ と熔融温度 $T_{m-a}$ との間にある材料である。図22（b）に示す材料Bは、熔融温度 $T_{m-b}$ が、プロセス中最高到達温度 $T_{max}$ よりも低い熱可塑性材料である。材料AおよびBは、熱可塑性材料で、熔融温度は夫々 $T_{m-a} \geq T_{max}$ 、 $T_{m-b} < T_{max}$ である。従って、図22（b）に示す例えば熱可塑性材料Bは、 $T_{m-b} \leq T_{max}$ であるため、プロセス中で樹脂の破断が起こるという問題があるために応力緩和層用の材料として用いることはできない。しかし、図22（a）に示す熱可塑性材料Aでは、熔融温度 $T_{m-a} > T_{max}$ であるから、プロセス中で破断が起こらない。

【0100】熱可塑性材料の場合、高分子化されたものを使用するので、成膜した膜強度は一定しやすいが、ガラス転移温度 $T_g$ 付近から高温側において膜強度は著しく低下する。そこで、本実施例では、図22(a)に示すように、ガラス転移温度 $T_g$ と熔融温度 $T_m$ とを考慮したプロセス温度とすることで強度低下の問題を解決している。

【0101】これに対して、後述する熱硬化性材料を使用する場合、一般に熱硬化性材料は低分子で成膜するため、硬化過程プロセス安定性(熱の均一性など)が悪いと一定しないことがある。適正に管理されていれば、ガラス転移温度 $T_g$ 以下では十分な強度があり、ガラス転移温度 $T_g$ を超えても膜強度の低下を抑制することもできる。

【0102】即ち、応力緩和層5として熱可塑性材料の場合、ワニスの性状としては、反応性のない(硬化済みの)ワニスを固めることになる。そして、溶剤に溶解して使用するため、無溶剤化する場合は、高温にして溶解する必要がある。熱可塑性材料の場合、既に高分子化しているため、熔融にはかなりの高温が必要である。この熱可塑性材料の成膜方法としては、ワニスを塗布した後、ワニス内の溶剤を加熱などにより揮発させるか、または溶解させた樹脂を塗布後、冷却する。このように熱可塑性材料の場合、高分子化されたものを使うので、強度は一定しやすい。ただし、ガラス転移温度付近から高温側での強度低下は著しい。本実施例では、ガラス転移温度 $T_g$ および熔融温度 $T_m$ を考慮したプロセス温度になっているため、強度低下の問題はない。さらに、熱可塑性材料の場合、成膜前に既に硬化反応が終了した高分子の溶液あるいは熔融液を使用するため、被塗布面の表面分子との化学結合反応はあまり期待できず、密着強度は必ずしも強くはない。しかし、本実施例では、被塗布物の表面性状に工夫を施したことにより、使用できるようになった。具体的には、密着面となる保護膜8に特定の密着促進性化合物を添加したり、表面の形状(凹凸)を適正に制御する。また、有機性の保護膜8を使用する場合には、保護膜8を膨潤させられる溶剤を用いて熱可塑性樹脂のワニスを調整する。このような工夫により、熱可塑性樹脂を塗布すると、(1)保護膜の中に溶剤が拡散して保護膜8を構成している有機高分子の間隔が増大し、保護膜8の表面が膨潤、(2)熱可塑性分子が保護膜8の分子の隙間へ入り込み、(3)加熱硬化過程で溶剤留去されると、膨潤していた保護膜が焼き締められる、という機構により、密着性が確保することができる。また、熱可塑性樹脂の中に、未反応部分を残存させたり、別の熱硬化性成分を添加したりして、保護膜8の表面との反応性を確保することができる。

【0103】図23(a)、(b)、(c)に示す材料C、D、およびEは、夫々熱硬化性材料であるため、溶融点 $T_m$ を持たない。図23(a)に示す熱硬化性材料

Cは、ガラス転移温度 $T_g-c$ がプロセス中最高到達温度 $T_{max}$ と同等以上を有する材料である。図23

(b)に示す材料Dと、図23(c)に示す熱硬化性材料Eは、夫々、プロセス中最高到達温度 $T_{max}$ よりも低いガラス転移温度 $T_g-d$ 、 $T_g-e$ を有する材料である。なお、ここでいう同等とは $\pm 20^\circ\text{C}$ 程度である。

【0104】図23(a)~(c)に示す、材料C~Eは、熱硬化性材料であって、いずれもプロセス中での破断は起こらないが、 $T_g$ が低く、かつ $T_g$ 以上の線膨張係数( $\alpha_2$ )が大きい材料Eは、製造工程の途中での変形が大きくなってしまうため、プロセス中での位置合わせやハンドリングの観点からは実用的ではない。例えば、スパッタ中の温度上昇のために成膜初期と末期とで形状に差が生じ、従って、成膜の失敗が起こり易くなるため、本発明への適用は好ましくない。

【0105】このように応力緩和層5に使用する材料としては、使用条件に応じて熱可塑性樹脂であっても熱硬化性樹脂であっても使用することができる。しかしながら、図9などに示すふくらみ部34を形成すること考慮すると、硬化するまでのメカニズムの相違から、熱可塑性樹脂を使用することが好ましい。即ち、熱可塑性樹脂は、その成膜方法が、ワニスを塗布した後、ワニス内の溶媒を加熱するなどにより揮発させて硬化させるといった方法を採用しているため、硬化過程において印刷形成された形状、ふくらみ部34は維持される。従来、この溶剤型の熱可塑性樹脂を使用した場合、硬化過程においてその揮発分がボイドの要因になることから一般には使用されていなかった。しかしながら、本実施例では、本技術が適用される半導体装置が、上方が開放の状態では熱可塑性樹脂を塗布、硬化させるものであるため、多量の溶剤を含んでいる熱可塑性樹脂を使用したとしても上方から溶剤が揮発してボイドとしては存在せず、従来のような問題は発生しない。ちなみに、熱可塑性樹脂は、その成膜方法が、(1)溶解させた樹脂を塗布後、冷却する溶融型の2種類があるが、前述の理由から溶剤型の熱可塑性樹脂を使用することが好ましいことは言うまでもない。なお、後者の溶融型も、ワニスに既に高分子化しているため、熔融にはかなりの高温が必要であり、そのため熱膨張量の違いから大きな内部応力を溜めることからしても好ましくはない。

【0106】ふくらみ部34を形成することについては、前述の $T_g$ や $T_m$ の関係には依存しない。

【0107】ところで、熱可塑性樹脂を使用する場合、成膜前に既に硬化反応が終了した高分子の溶液あるいは熔融液を使用するため、被塗布面の表面分子との化学結合反応はあまり期待できず、被塗布面との密着強度は必ずしも強くない。そこで、本実施例において有機性の保護膜8を使用する場合には、保護膜8を膨潤させられる溶剤、例えば溶解度パラメータ(SP値)が $8\sim 20$  ( $\text{cal}/\text{cm}^3$ )<sup>1/2</sup>であるものが好ましい。より具体



的には、少なくとも脂環式アミド化合物若しくは5~8員クラトンを有する溶剤が好ましい。例えば、N-メチルピロリドンやγ-ブチロラクトンが好ましい。脂環式アミド化合物若しくは5~8員クラトンではないが、ジメチルホルムアミドやメチルアセトアミドやジメチルスルホキシでも良い。これらを用いて熱可塑性樹脂のワニスを調整する。このような熱可塑性樹脂を塗布すると、(1)保護膜の中に溶剤が拡散して保護膜8を構成している有機高分子の間隔が増大することで保護膜8の表面が膨潤し、(2)熱可塑性分子が保護膜8の分子の隙間に入り込み、(3)加熱硬化過程で溶剤を留去されると、膨潤していた保護膜が焼き締められる、という機構により、密着性を確保することができる。

【0108】また、密着面となる保護膜8に特定の密着促進性化合物、例えば、シランカップリング剤などを添加したり、表面の形状に凹凸を形成しても良い。

【0109】また、熱可塑性樹脂の中に、未反応部分を残存させたり、別の熱硬化性成分を添加したりして、保護膜8の表面との反応性を確保することもできる。

【0110】ところで、応力緩和層用材料としての熱硬化性材料および熱硬化性材料において、硬化温度は、100℃から250℃までのものを用いる事が望ましい。硬化温度がこれより低い場合、半導体製造時の工程内での管理が難しく、硬化温度がこれより高くなると硬化冷却時の熱収縮でウエハ応力が増大したり、半導体素子の特性が変化する懸念があるからである。

【0111】更に、硬化後(応力緩和層形成工程後)の応力緩和層5は、上述したように、スパッタ、めっき、エッチングなどのさまざまな工程にさらされることから、耐熱性、耐薬品性、耐溶剤性などの特性も要求される。

【0112】具体的には、応力緩和層用材料としての熱可塑性材料および熱硬化性材料において、耐熱性として、そのガラス転位温度( $T_g$ )が150℃超400℃以下であることが望ましく、より望ましくは $T_g$ が180℃以上、最も好ましくは $T_g$ が200℃以上である。

【0113】400℃を超えると、期待する程度の低弾性率のもの、すなわち実用的な材料がないので、400℃以下とした。また、150℃以上とした理由を図25、および図26に示す。

【0114】図25は、スパッタ時にそのスパッタ膜にクラックが入るか否かについて実験した結果であり、応力緩和層5の物性値(線膨張係数、ガラス転移温度)についてグラフにしている。グラフからも分かるように、ガラス転移温度が高いほどクラックが発生していない。また、そのスパッタ耐性は線膨張係数が高いほど低くなることが分かる。

【0115】これは、図26に示すように、スパッタ時においてスパッタ粒子が樹脂層(応力緩和層)5に当たり、その運動エネルギーが熱に変わり、樹脂は熱膨張す

る。その後、熱膨張した樹脂上にスパッタ膜は成長するが、スパッタ終了後、樹脂は収縮する。従って、スパッタ膜に熱膨張しやすい樹脂ほど、収縮する割合が大きく、熱膨張した樹脂上に形成されるスパッタ膜は、皺やクラックを発生する。樹脂は、ガラス転移温度が低く、線膨張係数が高い程、変形しやすい。

【0116】従って、図25から分かるように、スパッタ時の配線形成不良を抑制する上では、150℃以上のものから良品のものが得られるので好ましく、また、180℃以上であれば殆どすべてのものが良品となり、200℃以上であれば殆どすべてのものが良品となるのでさらに好ましいこととなる。

【0117】逆に、プロセス中での変形という観点からいうと、熱可塑性材料は勿論のこと、熱硬化性材料であっても、本発明への適用に制限がある。具体的に述べると、図24において、材料R、Sで示される如く、室温(常温:20℃程度とする。)からプロセス中の最高温度 $T_{max}$ までの伸びの累積値(膨張量) $\Sigma(\alpha(T) \times \Delta T)$ が10%程度以下であることが望ましい。それは、応力緩和層5の表面に、少なくとも500 $\mu m$ 程度の長さのCuやNiなどでできている配線4が形成されているため、応力緩和層の10%程度の変形(伸び)にその配線4が追従できなくなり、界面の剥離や樹脂のクラックが発生することによる。熱可塑性材料で、かつこのような関係式を満たす材料は、特定の線膨張係数と $T_g$ および動的粘弾特性を有する。具体的に例示すると、線膨張係数200ppm/℃以下であることが望ましく、上述した如く、 $T_g$ が150℃以上であることが望ましい。

【0118】なお、図24に示す材料P、Qは、室温からプロセス中の最高温度 $T_{max}$ までの伸びの累積値(膨張量) $\Sigma(\alpha(T) \times \Delta T)$ が10%以上となるため、好ましい材料ではない。

【0119】逆に、応力緩和層材料の物性値を考慮して、例えば表面保護膜6の材料の硬化時間を長くする代わりに、硬化温度を下げるという工夫をすることも構わない。

【0120】即ち、応力緩和層用材料としての熱可塑性材料および熱硬化性材料において、工程中での様々な温度処理における変形量を抑える観点から、 $T_g$ 以下の領域での線膨張係数( $\alpha_1$ )は小さいほど好ましい。具体的には3ppmに近いほどよい。一般に低弾性材料は、線膨張係数が高い場合が多いが、本実施例で好適な応力緩和層5材料の線膨張係数の範囲は3ppm~300ppmの範囲であることが望ましい。より好ましくは3ppm~200ppmの範囲であり、最も望ましい線膨張係数は3ppm~150ppmの範囲である。

【0121】一方、応力緩和層用材料としての熱可塑性材料および熱硬化性材料において、熱分解温度( $T_d$ )は約350℃以上であることが望ましい。ガラス転移温



度 $T_g$ や熱分解温度 $T_d$ がこれらの値を下回っていると、プロセス中での熱工程、例えばスパッタやスパッタエッチ工程で樹脂の変形、変質や分解が起こる危険性がある。耐薬品性の観点から言うと、30%硫酸水溶液や10%水酸化ナトリウム水溶液への24時間以上の浸漬で変色、変形などの樹脂変質が起こらない事が望ましい。耐溶剤性としては、溶解度パラメーター（SP値）が8~20（cal/cm<sup>3</sup>）<sup>1/2</sup>となることが望ましい。応力緩和層5用がベースレジンに幾つかの成分を変成してなる材料である場合には、その組成の大部分が上記溶解度パラメータの範囲にはいっていることが望ましい。より具体的にいうと、溶解度パラメータ（SP値）が8未満あるいは2.0超である成分が50重量%を超えて含有されていないことが望ましい。

【0122】これらの耐薬品性や耐溶剤性が不十分だと適用可能な製造プロセスが限定される場合があり、製造原価低減の観点から好ましくないこともある。現実的には、これらの特性を満足する材料コストとプロセス自由度とを総合的に勘案した上で、応力緩和層5用の材料を決定すると良い。

【0123】以上説明した応力緩和層用材料としての熱可塑性材料および熱硬化性材料の具体的組成としては、ペースト状のポリイミドであるが、これに限らず変成アミドイミド樹脂、エステルイミド樹脂、エーテルイミド樹脂、ポリエステル樹脂、変成シリコン樹脂、変成アクリル樹脂などでもかまわない。

【0124】上記列挙した樹脂のうち、イミド結合を有する樹脂、例えばポリイミド、アミドイミド、エステルイミド、エーテルイミド等では、イミド結合による強固な骨格のおかげで熱機械的特性、例えば高温での強度などに優れ、その結果として、配線のためのめっき給電膜形成方法の撰択肢が広がる。例えば、スパッタなどの高温処理を伴うめっき給電膜形成方法を選択できる。シリコン樹脂やアクリル樹脂、ポリエステル樹脂、アミドイミド、エステルイミド、エーテルイミドなどイミド結合以外の結合で縮合した部分がある樹脂の場合、熱機械特性は若干劣るものの加工性や樹脂価格などの点で有利な場合がある。例えば、ポリエステルイミド樹脂では、一般にポリイミドよりも硬化温度が低いため、扱いやすい。本実施例では、これらの樹脂の中から素子特性、価格、熱機械特性などを総合的に勘案してこれらの樹脂を適宜使い分ける。

【0125】更に、応力緩和層形成用の材料としては、例えばエポキシ、フェノール、ポリイミド、シリコン等の樹脂を単独あるいは2種類以上配合し、これに各種界面との接着性を改善するためのカップリング剤や着色剤等を配合して用いることが可能である。

【0126】以上説明したように、本発明では、配線4やパンプ1を形成する前に樹脂層形成工程を行うので、ボイドが発生することなく、温度サイクル試験での成績

向上が図られ、しかもパッケージサイズに関わらず、樹脂形成時間は一定である。このようにパッケージサイズによらず、樹脂形成時間が一定であることで、生産ラインの効率の運用も可能となる。こうした点から、本発明は、大きなパッケージ（半導体装置）13のサイズ、具体的には10mm角を越えるチップサイズパッケージの実装にたいしても問題なく適用することができる。

【0127】次に、半導体装置13の他の実施例について説明する。図27は半導体装置13の突起電極1の配列を変更するための基板115に搭載した状態を示す断面概略図、図28はさらに半導体装置13とこれを搭載する基板115の隙間を樹脂118で封止した状態を示す断面概略図である。

【0128】半導体装置13に形成した突起電極1を基板115上の対応する電極120上にはんだペーストあるいはフラックス等を介して搭載し、リフロー炉等により前記突起電極1を溶融させて基板115と半導体装置13の接続を行う。半導体装置13を搭載する基板115は、半導体素子搭載面の裏面に、各種電子機器に用いられる基板に搭載するための電極116および必要に応じて突起電極121を有する。

【0129】半導体装置13を各種電子機器に用いられる基板に搭載する際、基板115上に設けた突起電極121を加熱溶融させる必要がある。これらの実装工程および各種試験における信頼性、特に落下衝撃試験に対する信頼性成績をさらに向上させるため、半導体装置13と基板115の間を樹脂118で補強したものである。

【0130】半導体装置13と基板115間を充填する樹脂118は、一般の半導体封止用に使われる液状のエポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、シリコン樹脂等が使用可能であり、封止樹脂の熱膨張係数や弾性率を調整するためシリカ、アルミナ、窒化ホウ素等の無機材料からなる粒子を一種類あるいは二種類以上配合し、また必要に応じてシリコンや熱可塑性樹脂等樹脂、アルコキシシランやチタネート等からなるカップリング剤、着色剤、難燃性を付与させるための難燃剤や難燃助剤樹脂層の硬化反応を促進させるための硬化促進剤等を配合することが可能である。

【0131】本実施例では、半導体装置13上の突起電極1のピッチと各種電子機器に用いられている基板の電極のピッチが異なる場合であっても、所定の基板115を介することにより各種電子機器に接続する事が可能となる。

【0132】なお、半導体装置13となる基板への実装と同様に、一般電子機器に用いられる回路基板に実装する場合も同様とする。

【0133】

【発明の効果】本発明によれば、配線層の切断を防止して不良発生数を低減したアンダーフィルの不要なフリッ

ブチップ接続を可能とする半導体装置を実現することができる効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る半導体装置の一実施例の構造を示す部分断面図である。

【図2】本実施例に係る半導体装置が連続的に形成されている状態を示す平面図である。

【図3】本発明に係る半導体装置の製造工程の一実施例である第一～第三工程を示した図である。

【図4】本発明に係る半導体装置の製造工程の一実施例である第四～第六工程を示した図である。

【図5】本発明に係る半導体装置の製造工程の一実施例である第七～第九工程を示した図である。

【図6】本発明に係る応力緩和層の形成に使用する印刷用マスクを示した図である。

【図7】応力緩和層を印刷している工程を示す図である。

【図8】印刷マスクがウエハより上昇する版離れ工程を示す図である。

【図9】応力緩和層が形成された半導体装置を示した断面図である。

【図10】露光用マスクをレジストに密着させた状態を示した図である。

【図11】再配線用配線の一実施例を示したチップ全体図およびチップ拡大図である。

【図12】再配線用配線の一実施例を示した平面図である。

【図13】実際の再配線用配線の現像不足を示す図である。

【図14】図12とは異なる再配線用配線の他の実施例を示した図である。

【図15】図12および図14と異なる再配線用配線の他の実施例を示した図である。

【図16】各種の再配線用配線を施した実施例を示した図である。

【図17】ウエハ上に形成される保護膜としての有機膜を局部的に形成した第1の実施例を示す断面図および平面図である。

【図18】ウエハ上に形成される保護膜としての有機膜を局部的に形成した第2の実施例を示す断面図および平面図である。

\*【図19】ウエハ上に形成される保護膜としての有機膜を局部的に形成した第3の実施例を示す平面図である。

【図20】本発明における第七工程までを経た半導体装置の一実施例を示した断面図である。

【図21】本発明に係る半導体装置を基板に搭載した一実施例を示す図である。

【図22】本発明に係る応力緩和層の材料として、熱可塑性樹脂A、Bを用いる場合の特性を説明するための図である。

【図23】本発明に係る応力緩和層の材料として、熱硬化性樹脂C、D、Eを用いる場合の特性を説明するための図である。

【図24】本発明に係る応力緩和層の樹脂材料P～Sの各々における室温（常温：20℃程度）からプロセス中の最高温度Tmaxまでの伸びの累積値（膨張量）を説明するための図である。

【図25】応力緩和層候補材料の物性値とスパッタ耐性を示す図である。

【図26】スパッタによる皺・亀裂機構を説明する図である。

【図27】本発明に係る半導体装置を基板に搭載した他の一実施例を示す断面図である。

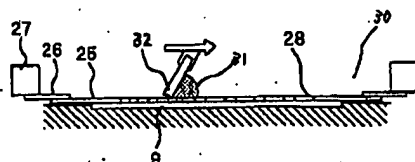
【図28】本発明に係る半導体装置を基板に搭載した他の一実施例を示す断面図である。

【符号の説明】

1、1a、1b…バンプ、1aa…縦長バンプ、2…Auめっき、3…バンプパッド（端子電極）、4…再配線用配線（配線）、4a…信号線、4b…グランド線／電源線、5…応力緩和層、6…表面保護膜、7…アルミパッド（回路電極）、8…保護膜、9…半導体素子（半導体チップ）が形成されたウエハ、10…半導体チップ、13…半導体装置、14…回路基板、16…給電膜、17…配線の逆パターン、18…アルミパッドと配線の接続部分、19…下層部分との境界、20…隙間、21…露光マスク、22…レジスト、23…アルミパッドとの接続部、24…切断部、25…ニッケル合金製ステンシル、26…樹脂シート、27…枠、28…印刷マスクのパターン開口部、34…ふくらみ部分、35…傾斜部（エッジ部）、36…平坦部、40…有機膜、41…無機膜、115…基板、116…電極、118…樹脂、120…電極、121…電極。

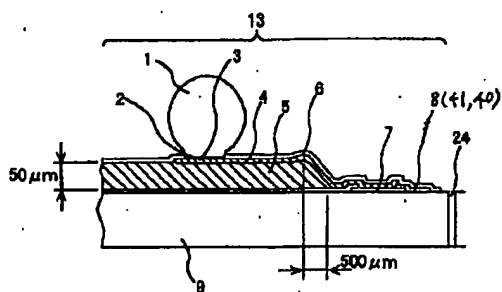
【図7】

図 7



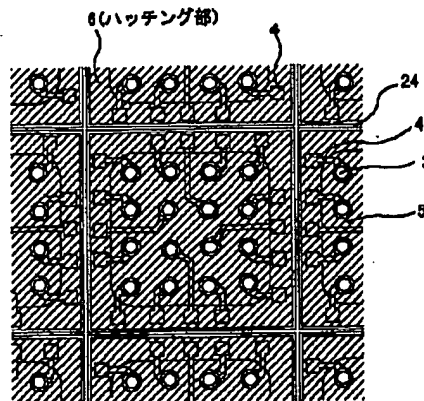
【図1】

図 1



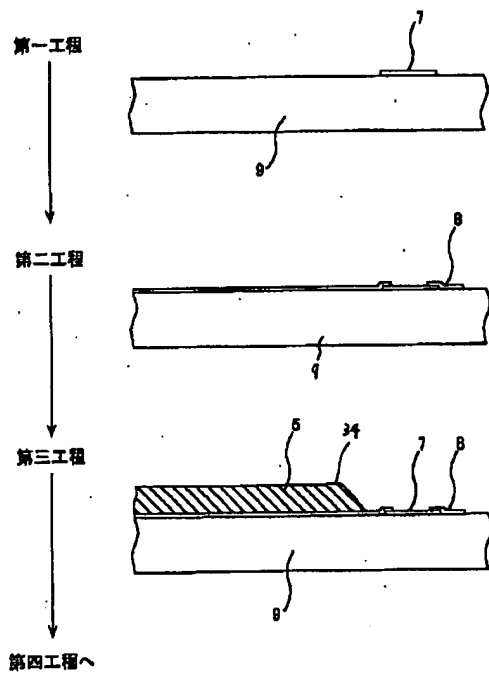
【図2】

図 2



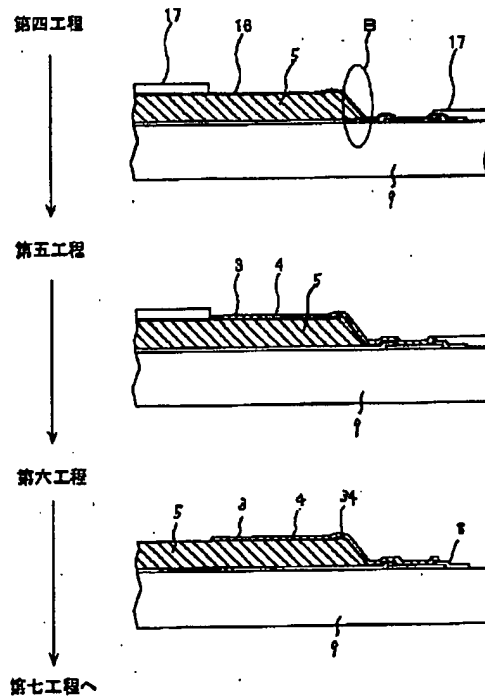
【図3】

図 3



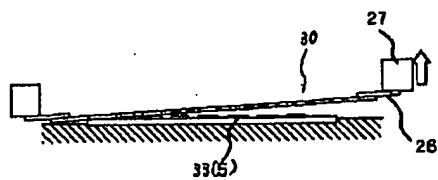
【図4】

図 4



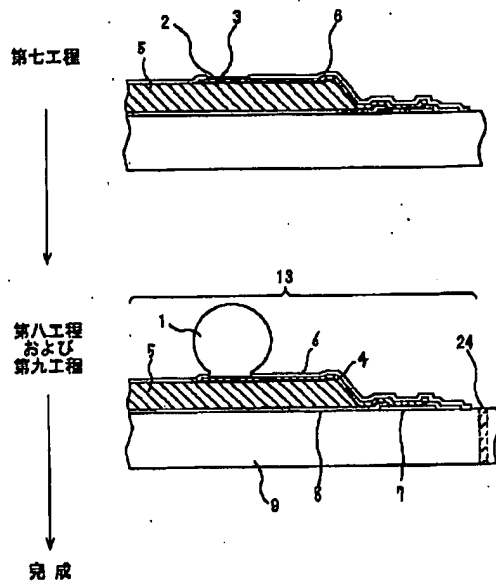
【図8】

図 8



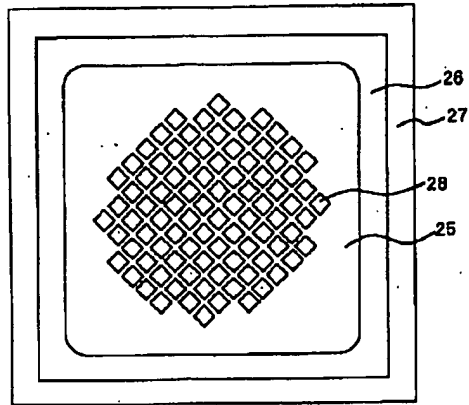
【図5】

図 5



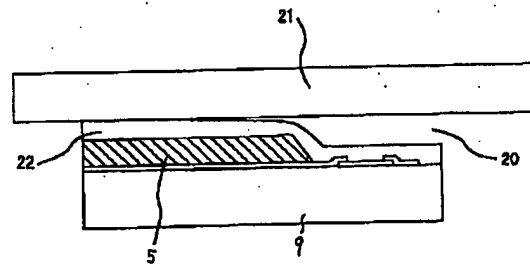
【図6】

図 6



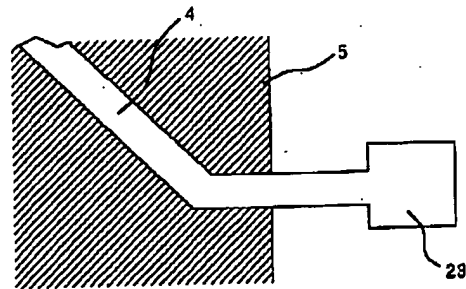
【図10】

図 10



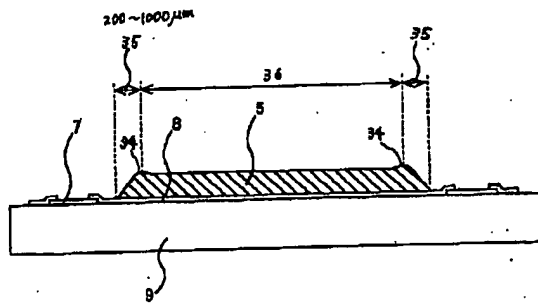
【図12】

図 12



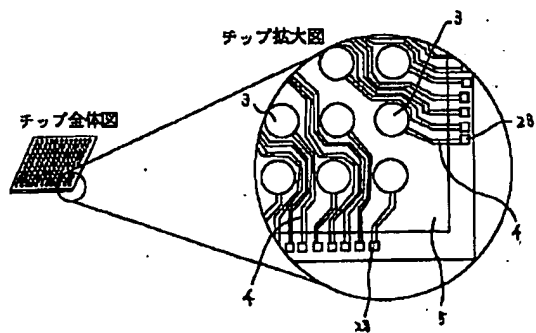
【図9】

図 9



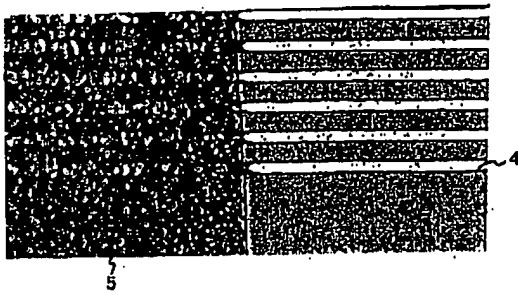
【図11】

図 11



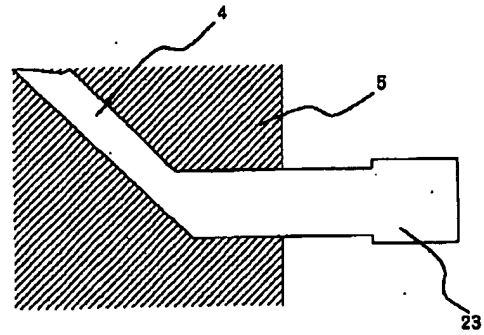
【図13】

図 13



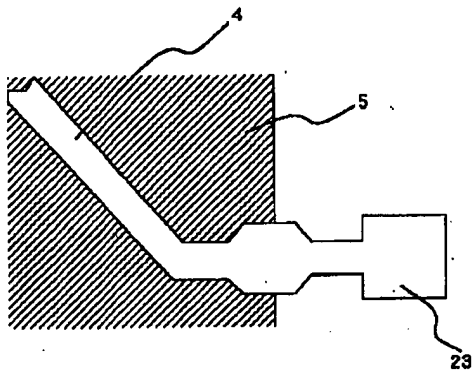
【図14】

図 14



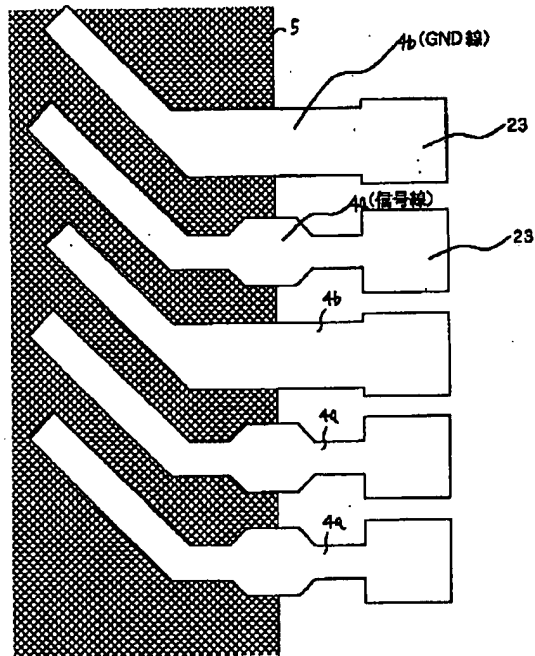
【図15】

図 15

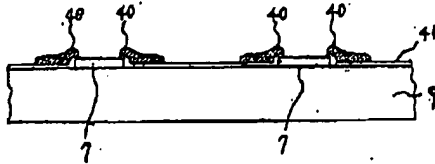


【図16】

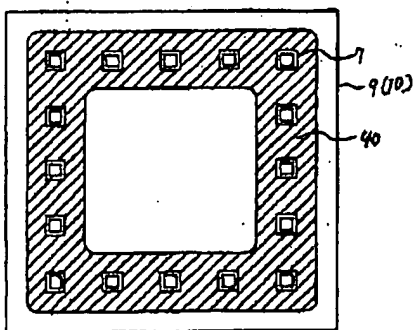
図 16



【図17】

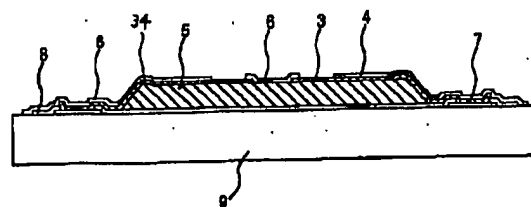
図 17  
(a)

(b)



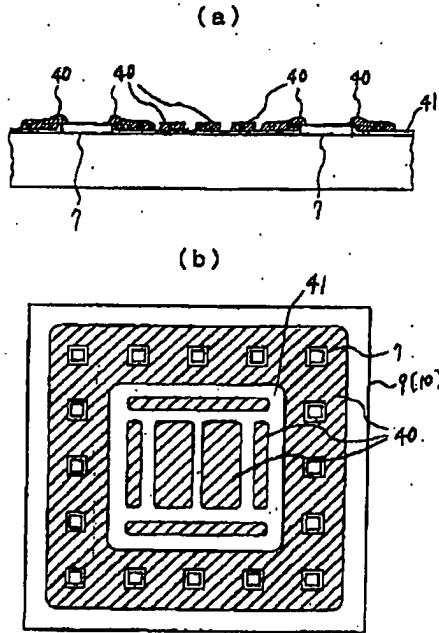
【図20】

図 20



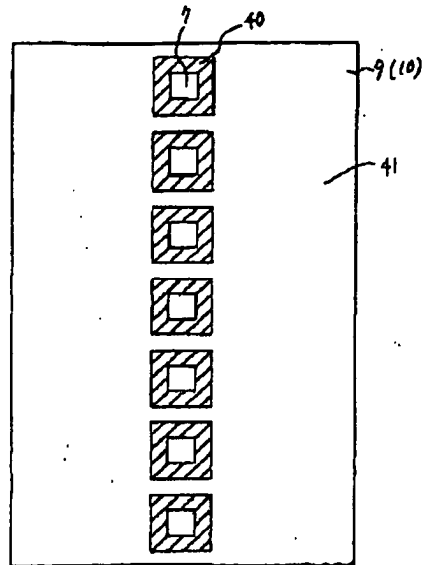
【図18】

図 18



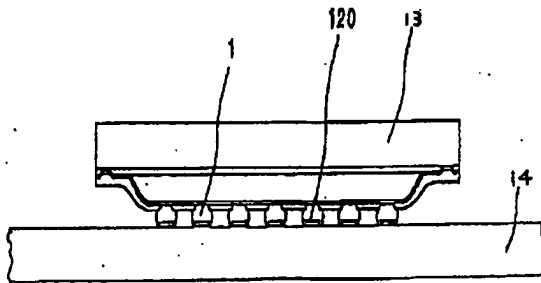
【図19】

図 19



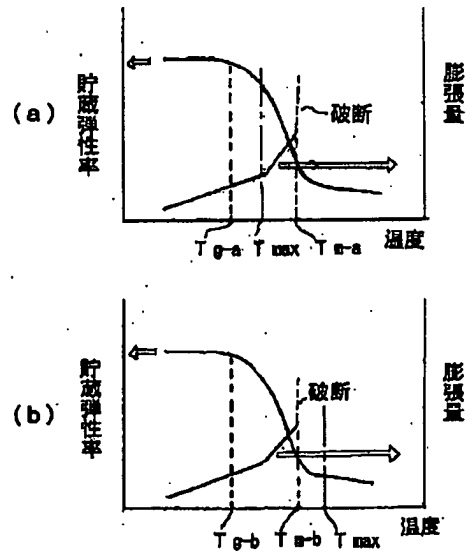
【図21】

図 21



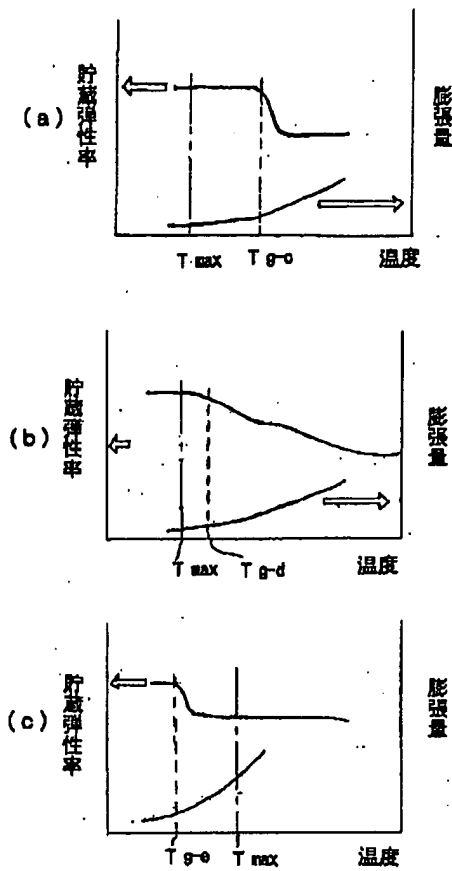
【図22】

図 22



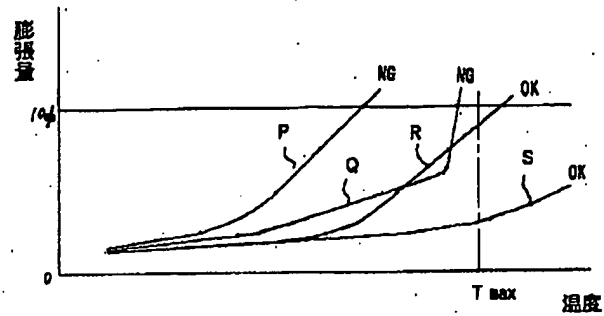
【図23】

図 23



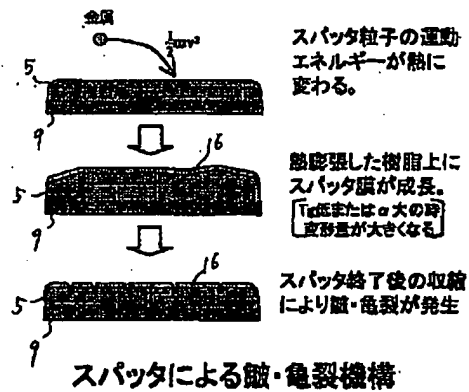
【図24】

図 24



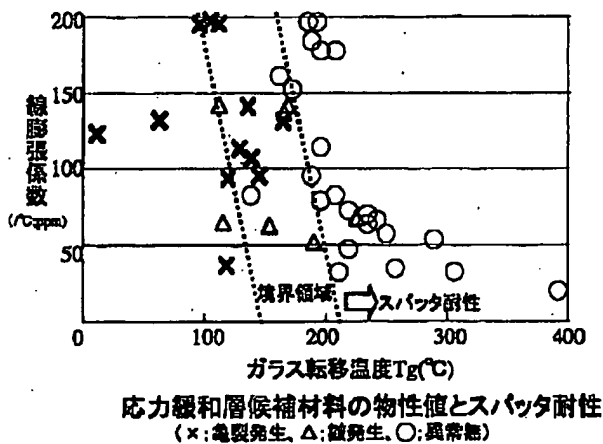
【図26】

図 26



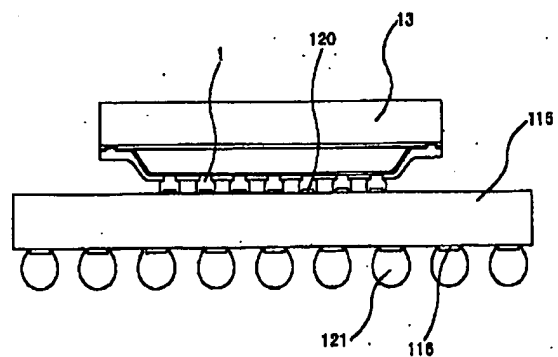
【図25】

図 25



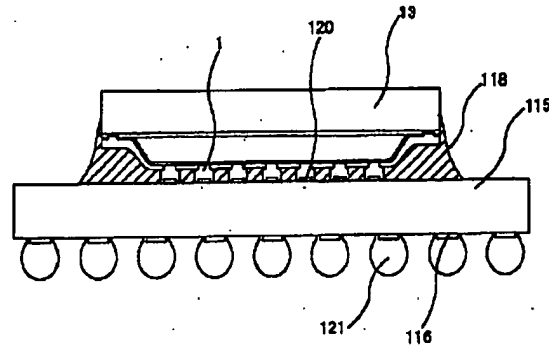
【図27】

図 27



【図28】

図 28



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード (参考)

H 0 1 L 21/92  
23/30

6 0 3 G  
D

(72)発明者 井上 康介  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 大録 範行  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 宝蔵寺 裕之  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 角田 重晴  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 諫田 尚哉  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 皆川 円  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 安生 一郎  
東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株  
式会社日立製作所半導体グループ内

(72)発明者 西村 朝雄  
東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株  
式会社日立製作所半導体グループ内

(72)発明者 氏家 健二  
東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株  
式会社日立製作所半導体グループ内

(72)発明者 矢島 明  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
株式会社日立製作所内

F ターム (参考) 4M109 AA02 BA07 CA12 EA12 EC04  
5F061 AA02 BA07 CA12 CB02 CB04  
CB13